Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

S C C S | **C S A S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2005/055 | **Research Document 2005/055**

Ne pas citer sans autorisation des auteurs * | Not to be cited without permission of the authors *

Parcours migratoires et structure du stock de la morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS)

Migratory routes and stock structure of cod from the Northern Gulf of St. Lawrence (3Pn, 4RS)

Jean-François Yvelin[1], Alain Fréchet[2], Jean-Claude Brêthes[1]

[1] Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER)
310, allée des Ursulines, C.P. 3300
Rimouski (Québec) Canada G5L 3A1

[2] Direction des poissons et mammifères marins / Marine Fish Mammals Branch
Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850, Route de la mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à: | This document is available on the Internet at:
http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848 (Imprimé / Printed)
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2005
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2005
Canada

106-02118/

TABLE DES MATIÈRES / *TABLE OF CONTENTS*

Résumé / *Abstract* iii

1. INTRODUCTION 1

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES / *MATERIAL AND METHODS* 2

2.1. SOURCE DES DONNÉES / *SOURCE OF DATA* 2

2.1.1. Campagnes de marquage du MAPAQ / *MAPAQ tagging campaigns* 2
2.1.2. Campagnes de marquage du MPO / *DFO tagging campaigns* 2
2.1.3. Campagnes de marquage des pêches Sentinelles / *Sentinel fisheries tagging campaigns* 3
2.1.4. Tri et validation des données / *Sorting and validating data* 3

2.2. PRÉSENTATION DES DONNÉES VALIDÉES ET DES OUTILS D'ANALYSE / *PRESENTATION OF VALIDATED DATA AND ANALYSIS TOOLS* 5

2.3. TAILLES DES MORUES AU MARQUAGE / *COD SIZE AT TAGGING* 5

3. RÉSULTATS / *RESULTS* 6

3.1. RÉSULTATS DE LA BASE DE DONNÉES DU MAPAQ / *MAPAQ DATABASE RESULTS* 6

3.1.1. Corridors de migration / *Migration corridors* 6
3.1.2. Distance parcourue et temps de nage / *Distance travelled and swimming time* 6
3.1.3. Fidélité du parcours migratoire / *Fidelity to migratory route* 7
3.1.4. Précision du parcours de migration / *Migratory route accuracy* 8
3.1.5. Relation taille-position et taille-vitesse de nage / *Size-position and size-swimming time relationships* 8
3.1.6. Possibilités de mélange / *Mixing possibilities* 9
3.1.7. Migration côtière / *Coastal migration* 9

3.2. RÉSULTATS DE LA BASE DE DONNÉES DU MPO / *DFO DATABASE RESULTS* 10

3.2.1. Corridors de migration / *Migration corridors* 10
3.2.2. Marquage de juin 1984 / *June 1984 tagging* 10
3.2.3. Marquage de septembre 1983 / *September 1983 tagging* 11
3.2.4. Mélange entre stocks / *Mixing of stocks* 12
3.2.5. *Migration côtière / Coastal migration* 12

3.3. RÉSULTATS BASE DE DONNÉES SENTINELLES / *SENTINEL FISHERIES DATABASE RESULTS* 12

3.3.1. Corridors de migration / *Migration corridors* 12
3.3.2. Marquages de juillet / *July tagging* 13
3.3.3. Marquages de novembre / *November tagging* 14
3.3.4. Marquages d'avril et mai / *April and May tagging* 15
3.3.5. Mélanges entre stocks / *Mixing of stocks* 16
3.3.6. Migration côtière / *Coastal migration* 16

4. DISCUSSION 16

4.1. LES PARCOURS DE MIGRATION / *MIGRATION ROUTES* 16

TABLE DES MATIÈRES (Suite) / *TABLE OF CONTENTS (Continued)*

4.2. INFLUENCE DE LA TAILLE DES INDIVIDUS / *INFLUENCE OF INDIVIDUAL SIZE* 18

4.3. LE PHÉNOMÈNE DE FIDÉLITÉ – (HOMING) / *THE FIDELITY PHENOMENON – (HOMING)* 18

4.4. PRÉSENCE DE SOUS-POPULATIONS DANS LE STOCK DU NORD DU GOLFE / *OCCURRENCE OF SUBPOPULATIONS IN THE NORTHERN GULF STOCK* 20

4.5. MÉLANGES ENTRE STOCKS / *MIXING OF STOCKS* 24

4.6. MIGRATION CÔTIÈRE / *COASTAL MIGRATION* 25

5. BILAN / *SUMMARY* 25

Références / *References* 27

Tableau / *Table* 29

Figures 29

RÉSUMÉ

La morue atlantique (*Gadus morhua*) est un poisson migrateur, et les parcours généraux de migration du stock du nord du golfe du Saint-Laurent (stock 3Pn, 4RS) sont assez bien connus. Dans les années 1980, plus de 45 000 morues ont été marquées dans le nord du Golfe par le Ministère des Pêches et des Océans et par le Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation du Québec. Depuis 1995, le programme des pêches Sentinelles a également marqué près de 60 000 morues dans le nord du Golfe. Pour notre étude, seuls les poissons recapturés moins d'un an après leur marquage ont été sélectionnés. L'analyse de ces données à court terme a permis de confirmer les corridors migratoires du stock 3Pn, 4RS, et d'y observer une évolution au cours des vingt dernières années. Les morues montrent également un comportement de homing, puisque certains poissons, recapturés après un an environ, étaient à moins de neuf kilomètres du lieu de marquage. De plus, le stock 3Pn, 4RS semble être divisé en au moins quatre sous-populations. Toutes ont une aire hivernale identique, mais deux se démarquent par une aire estivale différente, une sous-population parait résidente toute l'année au sud de Terre-Neuve, et une autre sous-population, proche de l'île d'Anticosti en été, semble aujourd'hui disparue. Enfin, les possibilités de mélanges entre stocks déjà évoquées dans plusieurs études semblent se confirmer. Il apparaît fondamental de réaliser de nouveaux travaux pour quantifier ces mélanges et leurs impacts sur la gestion des stocks de morue de l'atlantique nord-ouest.

Mots-clefs : morue, migration, marquage, golfe du Saint-Laurent, homing, sous-populations

ABSTRACT

Atlantic cod (*Gadus morhua*) is a migratory fish, and the general migration patterns of the northern Gulf of Saint-Lawrence stock (3Pn, 4RS) are well known. In the 80's, more then 45,000 cod were tagged in the northern Gulf by the Department of Fisheries and Oceans and the Department of Agriculture, Fisheries and Food of Québec. Since 1995, close to 60,000 cod have also been tagged in the northern Gulf by the Sentinel Program. For our study, only the fish recaptured less than one year after their tagging have been selected. The analysis of these short term data has confirmed the migratory corridors of the 3Pn, 4RS stock; it also enabled to observe their evolution in the last twenty years. Cod show a homing behaviour, as the recapturing of a lot of fish about one year later, less than nine kilometres from their tagging area proved. Moreover, the 3Pn, 4RS stock seems to be divided in at least four subpopulations. All of them spend winter at the same place, but two of them have got a different summer distribution, one subpopulation seems to be resident all year long south of Newfoundland, and another one, living off Anticosti Island during the summer, looks as if it has already disappeared. Finally, the possibilities of stocks mixings, already mentioned in many studies, seem to be confirmed. It looks fundamental to carry out many other works (studies) in order to quantify these mixings and their impact on the north-west Atlantic cod stocks management.

Key words : cod, migration, tagging, Gulf of Saint-Lawrence, homing, subpopulations

1. INTRODUCTION

La migration de la morue a été très étudiée (Minet, 1976 ; Templeman, 1976, 1979 ; Lear, 1984, 1988 ; Gascon *et al.*, 1990 ; Moquedet, 1994), et les déplacements généraux de la population du nord du golfe du Saint-Laurent (zone OPANO 3Pn4RS) sont assez bien connus (Gascon et *al*, 1990) (Fig. 1). On estime que les individus se trouvent au nord du Golfe en été, au niveau de la Basse Côte-Nord du Québec et au niveau du détroit de Belle-Isle. Il semble que cette distribution soit liée à une activité alimentaire, peut-être en relation avec la période de reproduction du capelan et du hareng (Templeman, 1979). Le stock migre ensuite en automne le long de la côte ouest de Terre-Neuve pour passer l'hiver au niveau du détroit de Cabot. Templeman (1979) et Fréchet (1990) considèrent que cette migration automnale serait une réaction de fuite vis-à-vis des glaces qui envahissent le nord du Golfe à partir du mois de décembre. A partir du printemps, les poissons font la migration en sens inverse pour retourner vers le Golfe (Minet 1976 ; Templeman 1979). La période de frai a lieu en avril et mai, et la ponte pourrait s'effectuer le long de la côte ouest de Terre-Neuve, au cours de la migration de printemps (Ouellet et *al*, 1997 ; Méthot et *al*, 2005). Les couloirs de migration décrits à partir de ces études restent toutefois approximatifs. Ils sont fondés sur de relativement longues périodes de liberté (plus d'un an) et supposent un déplacement rectiligne entre la position de marquage et la position de recapture au cours de cette période. Ces travaux, ainsi que des informations anecdotiques provenant des pêcheurs, tendent aussi à montrer que les individus reviennent aux mêmes endroits d'une année sur l'autre, quelle que soit la saison (Templeman, 1979 ; Gascon *et al.*, 1997). Cependant, aucune vérification de ce phénomène n'a été faite jusqu'à présent, du moins pour la morue de l'Atlantique nord-ouest. Enfin, les zones de pêches administratives sont censées délimiter la distribution géographique des différents stocks de morues afin de permettre une bonne gestion de l'activité de pêche et un suivi de chaque stock. Or, il semblerait que la migration de certains poissons du stock du nord du Golfe aille au-delà de ces limites. En effet, des morues du stock 3Pn4RS migrent parfois en hiver jusqu'au banc de Burgeo, dans la zone

1. INTRODUCTION

Cod migration has been studied thoroughly (Minet, 1976; Templeman, 1976, 1979; Lear, 1984, 1988; Gascon et *al.*, 1990; Moquedet, 1994), and general movements of the northern Gulf of St. Lawrence population (NAFO area 3Pn4RS) are well known (Gascon et *al.*, 1990) (Fig. 1). It is estimated that individuals can be found in the northern Gulf during the summer in the Quebec Lower North Shore and Strait of Belle Isle areas. It appears that this distribution is linked to a feeding activity, perhaps related to the capelin and Atlantic herring reproduction season (Templeman, 1979). In the fall, the stock migrates along the western coast of Newfoundland and spends the winter in the area of Cabot Strait. Templeman (1979) and Fréchet (1990) estimated that this could be a fleeing reaction to the ice that accumulates in the northern Gulf beginning in December. In the spring, the fish migrate in the opposite direction and return to the Gulf (Minet 1976; Templeman 1979). Spawning season occurs in April and May, and eggs are possibly laid along the western coast of Newfoundland during the spring migration (Ouellet et *al.*, 1997; Méthot et *al.*, 2005). The migration corridors described in these studies remain approximate. They are based on relatively long release periods (over one year) and suppose a rectilinear movement from the tagging position to the recapturing position during this period. These studies, as well as anecdotal information provided by fishermen, also tends to demonstrate that individuals return to the same areas from one year to the other, whatever the season (Templeman, 1979; Gascon et *al.*, 1997). However, this phenomenon has not yet been verified, at least not for northwestern Atlantic cod. Finally, the administrative fisheries areas are supposed to delineate the geographic distribution of the different cod stocks in order to provide sound management of fishing activities and to monitor each stock. That being said, it appears that certain fish from the northern Gulf stock migrate beyond these boundaries. In fact, during the winter, cod from the 3Pn4RS stock sometimes migrate all the way to the Burgeo Bank, in area 3PS, and even further east, creating a mix between the northern Gulf population and the southern Newfoundland population (Templeman, 1970; Lear, 1988; Campana et *al.*, 1999; Chouinard, 2000; Bérubé

3Ps, et même plus à l'est, créant un mélange entre la population du nord du Golfe et celle du sud de Terre-Neuve (Templeman, 1970 ; Lear, 1988 ; Campana *et al*, 1999 ; Chouinard, 2000 ; Bérubé et Fréchet, 2001). Ce mélange entraîne des problèmes de gestion, notamment en raison des différences entre les TAC des deux unités.

L'objectif de cette étude est de déterminer les corridors de migration, l'apparente fidélité à des aires estivales et hivernales, et la quantification des phénomènes de mélange. Pour cela, les déplacements « à court terme » (moins d'un an entre le marquage et la recapture) ont été considérés. Cette échelle de temps devrait permettre d'obtenir une bonne précision sur le parcours migratoire. Une période d'un an correspond à des individus qui ont effectué, *a priori*, un circuit complet dont la position renseignera sur la fidélité au parcours, tandis que des périodes inférieures renseigneront sur les positions intermédiaires. L'analyse des recaptures apportera également des précisions sur les phénomènes de mélange entre stocks. L'intervalle de 20 ans qui existe entre les campagnes du MAPAQ et du MPO et celles des pêches sentinelles permettra d'illustrer d'éventuelles variabilités dans le circuit migratoire.

and Fréchet, 2001). This mixing generates management issues, especially because of TAC differences between the two units.

The objective of this study is to determine migration corridors and the apparent fidelity to summer and winter areas, as well as to quantify the mixing phenomenon. To this end, "short term" movements (less than one year between tagging and recapture) were considered. This time scale should provide reasonable accuracy on migratory patterns. A one-year time period corresponds to individuals who are assumed to have made a complete circuit, and their positioning will provide information regarding fidelity to the pattern, while shorter time periods will provide information on intermediate positioning. Analyzing recaptured individuals will also provide information on the stock mixing phenomenon. The 20-year interval between the MAPAQ and DFO campaigns and those from the sentinel fisheries will illustrate possible differences in the migratory circuit.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Source des données

2.1.1. Campagnes de marquage du MAPAQ

Entre 1983 et 1985, les biologistes du MAPAQ ont marqué environ 15 000 morues au nord du golfe du Saint-Laurent, au niveau de la Basse Côte-Nord du Québec durant les mois de juin et de juillet. Les captures étaient réalisées à la trappe, et les poissons étaient marqués sur le dos avec une étiquette F Tag T-bar, appelée aussi « spaghetti ». Pour chaque poisson marqué, le jour du marquage, l'engin de capture, la position du bateau ainsi que la taille au centimètre près ont été relevés.

2.1.2. Campagnes de marquage du MPO

Les détails de la méthode utilisée pour marquer

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Source of data

2.1.1 MAPAQ tagging campaigns

From 1983 to 1985, the MAPAQ biologists tagged approximately 15,000 cod in the northern Gulf of St. Lawrence (in the Lower North Shore area) from July to August. Captures were made using traps, and fish were tagged on their back with F-Tag T-bar tags, also called "spaghetti". For each fish tagged, the tagging date, fishing gear, vessel position, as well as fish size to the nearest centimetre were recorded.

2.1.2. DFO tagging campaigns

Details concerning the methods used for tagging

et relâcher les poissons sont présentés dans Gascon et *al.* (1990). Entre 1983 et 1985, 28 919 morues ont été marquées par le MPO, principalement en été sur la Basse et Moyenne Côte-Nord du Québec, ainsi que sur la côte ouest de Terre-Neuve. Les poissons étaient capturés au chalut, entre 36 et 90 mètres de profondeur et avec des trappes. Les individus ont été identifiés avec une marque de type « T-bar ».

Les pêcheurs qui trouvaient un poisson marqué devaient renvoyer l'étiquette, en échange d'une prime, et devaient mentionner notamment le jour et la position de la recapture, l'engin utilisé et si possible la taille du poisson.

2.1.3. Campagnes de marquage des pêches Sentinelles

La campagne de marquage des pêches sentinelles a débuté en 1995. Les marquages ont été réalisés par les pêcheurs participants au programme. Les détails de la méthode de marquage figure dans Bérubé et Fréchet (2001) ainsi que sur le site Internet http://www.osl.gc.ca des pêches sentinelles. Les étiquettes utilisées sont de type « T-bar » Lorsqu'un poisson étiqueté est recapturé, le pêcheur doit renvoyer la marque en précisant les mêmes caractéristiques que pour le marquage, notamment la date, la position du bateau, l'engin de capture et la longueur du poisson. Afin de favoriser les retours, une loterie a été mise en place et plusieurs récompenses sont offertes aux pêcheurs tirés au sort. Entre 1995 et 2003, plus de 60 000 morues ont été marquées dans le nord du golfe du Saint-Laurent par les pêcheurs sentinelles. Contrairement aux campagnes du MPO et du MAPAQ, les chaluts ont rapidement été abandonnés pour capturer le poisson et ils ont été remplacés par les palangres.

2.1.4. Tri et validation des données

La base de données du MAPAQ contient 1 759 poissons, celle du MPO en contient 1 675 et celle du Programme Sentinelles 2 781, soit un total de 6 215 poissons recapturés.

Dans le but de ne retenir que les individus recapturés moins d'un an après le marquage, le temps de nage de chaque poisson a été calculé pour éliminer tous ceux qui avaient passé plus de 365 jours en liberté. Cette nouvelle base de

and releasing fish are presented in Gascon et *al.* (1990). From 1983 to 1985, DFO tagged 28,919 cod, mostly during the summer on the Lower and Middle North Shore, as well as on the west coast of Newfoundland. Fish were captured using trawls between 36 and 90 meters deep, and with traps. Individuals were identified using a "T-bar" style tag.

Fishermen who caught tagged fish had to return the tags, in exchange for a reward, and also had to indicate the date and position of the recapture, as well as the gear that was used and, if possible, the size of the fish.

2.1.3. Sentinel fisheries tagging campaigns

The sentinel fisheries tagging campaign began in 1995. Tagging was conducted by the fishermen who took part in the program. Details concerning the tagging method are presented in Bérubé and Fréchet (2001), as well as on the following Web site http://www.osl.gc.ca of sentinel fisheries. The tags that were used are "T-bar" type. When a tagged fish is recaptured, the fisherman must return the tag and indicate the same information as when the tag was installed, i.e. the date, the vessel position, the gear used, and the length of the fish. In order to encourage tag returns, a lottery was established and many gifts are awarded to fishermen whose names are drawn. From 1995 to 2003, over 60,000 cod were tagged in the northern Gulf of St. Lawrence by sentinel fishermen. Contrary to the DFO and MAPAQ campaigns, trawls were quickly replaced by longlines to catch fish.

2.1.4. Sorting and validating data

The MAPAQ database contains 1,759 fish, the DFO database has 1,675, and the Sentinel Fisheries Program database has 2,781, for a total of 6,215 recaptured fish.

In order to only consider individuals recaptured less than one year after tagging, the swimming time for each fish was calculated so that individuals having spent more than 365 days free-ranging were eliminated. This new database

données a été ensuite validée à l'aide de la vitesse de nage des poissons, qui a été comparée avec les données publiées, et la position géographique des marquages et des recaptures.

was then validated by using the fish swimming speed, which was compared with published data, and the geographic tagging and recapturing positions.

Validation par la vitesse de nage minimale des poissons

Validating the minimum swimming speed of fish

Dans une première étape, la distance parcourue par une morue a été estimée. Pour chaque poisson, la position de marquage et de recapture est indiquée par des coordonnées en latitude et longitude exprimées en degrés, minutes, secondes. Après transformation en coordonnées décimales, la distance D entre les deux positions a été calculée à l'aide de l'équation suivante :

The distance travelled by a cod was estimated first. For each fish, the tagging and recapturing positions were indicated using latitude and longitude coordinates expressed in degrees, minutes, seconds. After converting into decimals, the distance D between the two positions was calculated using the following equation:

$$D = \frac{110}{1{,}852} * \left[ACOS \left[\left(\sin\left(lam * \frac{\pi}{180} \right) * \sin\left(lar * \frac{\pi}{180} \right) \right) + \left(\cos\left(lam * \frac{\pi}{180} \right) * \cos\left(lar * \frac{\pi}{180 *} \right) * \cos\left(ABS\left(lom * \frac{\pi}{180} - lor * \frac{\pi}{180} \right) \right) \right) \right] * \frac{180}{\pi} \right] * 1{,}01199$$

où : lam est la latitude de marquage, lar, la latitude de recapture, lom, la longitude de marquage et lor, la longitude de recapture. La distance D est exprimée en milles nautiques.

Where : lam is the tagging latitude, lar, the recapturing latitude, lom, the tagging longitude, and lor, the recapturing longitude. The distance D is expressed in nautical miles.

Le résultat de ce calcul est une distance entre deux points, et représente la distance minimale parcourue par le poisson et non son trajet réel. De ce fait, la distance parcourue est possiblement largement sous-estimée.

This calculation provides a distance between two points, and represents the minimum distance travelled by the fish and not its actual path. Thus, the distance travelled may be greatly underestimated.

La vitesse de nage est calculée à partir du temps de nage (période entre le marquage et la capture) et la distance minimale parcourue. De même que pour la distance, il s'agit d'une estimation minimale de la vitesse. Winger et *al* (2000) ont évalué la vitesse maximale de nage soutenue à 0,66 m.s $^{-1}$. Tous les poissons dont la vitesse de nage était supérieure à cette valeur ont été éliminés. Dans la très grande majorité des cas, la vitesse de nage a été inférieure à 0,1 m.s $^{-1}$.

Swimming speed is calculated using swimming time (time between tagging and recapturing) and the minimum distance travelled. As for distance, this is a minimum estimate of speed. Winger et *al.* (2000) evaluated the maximum sustained swimming speed at 0.66 m.s-1. The fish whose swimming speed was higher than this value were eliminated. In most cases, swimming speed was lower than 0.1 m.s -1.

Validation par la cartographie

Validation using mapping

La deuxième méthode de validation a été réalisée à l'aide d'un logiciel de cartographie,

The second validation method was conducted with the use of a mapping software, ACON©,

ACON© distribué par Pêches et Océans Canada. Les poissons dont les positions de marquage et de recapture étaient douteuses (par exemple sur terre) ont été éliminés.

2.2. Présentation des données validées et des outils d'analyse

L'analyse a porté sur 2 432 recaptures réparties en trois bases de données : 907 recaptures pour le MAPAQ, 350 pour le MPO et 1 160 pour la base issue des pêches Sentinelles (Tableau 1). Les périodes de marquage sont différentes d'une base à l'autre Alors que les marquages du MAPAQ ont eu lieu principalement en juillet, les marquages du MPO et des pêches Sentinelles sont plus espacés dans le temps (juin à septembre pour MPO ; février à décembre pour Sentinelles). Les zones de marquages diffèrent également suivant les bases de données. Les marquages du MAPAQ ont été réalisés au niveau de la Basse Côte-Nord du Québec (Fig. 2), ceux du MPO l'ont été au niveau de la Basse et Moyenne Côte-Nord du Québec ainsi que sur la côte ouest de Terre-Neuve (Fig. 3) et ceux des pêches Sentinelles l'ont été tout le long de la côte ouest de Terre-Neuve (Fig. 4).

Les trois bases de données ont été analysées séparément, en suivant pour chacune le même schéma d'étude. Un schéma global des corridors de migration a été tracé à l'aide d'une cartographie de l'ensemble des mouvements. Les cartes ont été réalisées avec le logiciel ACON. Le détail des parcours de migration plus en détails a été analysé en observant l'évolution de la distance parcourue en fonction du temps, ainsi que les positions géographiques des morues aux différentes périodes de l'année. Des résultats traitant des possibilités de mélange entre différents stocks ont été obtenus, ainsi que des résultats présentant les variations de profondeurs auxquelles se trouvent les morues tout au long de l'année.

2.3. Tailles des morues au marquage

Pour les trois bases de données, les tailles aux marquages sont à peu près similaires, la majorité des poissons ayant une longueur à la fourche comprise entre 40 et 60 centimètres (Fig. 5, 6, 7). La taille est un facteur important à contrôler, car il semblerait que les petits poissons (< 40 cm) n'aient pas la même faculté à migrer (Sinclair et *al*, 1991 ; Castonguay et *al*, 1999). Dans notre

provided by Fisheries and Oceans Canada. Fish with questionable tagging and recapturing positions (on land for example) were eliminated.

2.2. Presentation of validated data and analysis tools

The analysis dealt with 2,432 recaptures divided into three databases: 907 for the MAPAQ, 350 for DFO, and 1,160 for the sentinel fisheries database (Table 1). Tagging periods are different from one database to the other. The MAPAQ tagging occurred mostly in July, while the DFO and Sentinel fisheries tagging are more spread out over time (June to September for DFO; February to December for Sentinel). Tagging areas also differ depending on the database. The MAPAQ tagging was conducted in the area of the Quebec Lower North Shore (Figure 2), DFO tagging was made in the areas of the Quebec Lower and Middle North Shore as well as on the west coast of Newfoundland (Figure 3), and the sentinel fisheries tagging occurred all along the west coast of Newfoundland (Figure 4).

The three databases were analysed separately following the same study scheme for each. A general pattern of migration corridors was traced by mapping all the movements. Maps were drawn using the ACON software. A detailed analysis of migration routes was conducted by observing the progression of the distance travelled according to time, as well as the geographic positioning of cod throughout the year. Results were obtained regarding the mixing possibilities of different stocks, as well as results showing variations of the depths where cod are found throughout the year.

2.3. Cod size at tagging

Sizes at tagging are quite similar for all three databases. Most fish measured between 40 and 60 centimetres fork length (Figures 5, 6, 7). Size is an important element to monitor because smaller fish (< 40 cm) do not seem to possess the same migratory abilities (Sinclair et *al.*, 1991; Castonguay et *al.*, 1999). In our case, only 36 fish were smaller than 40 cm. Therefore, size will

cas, seulement 36 poissons ont une longueur inférieure à 40 cm, la taille ne sera donc pas a priori un facteur à prendre en compte pour expliquer d'éventuelles variations dans les patrons de migration.

not be a factor to consider for explaining migratory pattern changes.

3. RÉSULTATS

3.1. Résultats de la base de données du MAPAQ

3.1.1. Corridors de migration

Les lignes reliant le point de marquage et le point de recapture de chaque poisson permettent d'estimer les principales routes migratoires (Fig. 8). On observe clairement un corridor le long de la côte ouest de Terre-Neuve en direction du sud. On remarque également que certains poissons ont migré à l'est de Terre Neuve, et qu'ils se retrouvent dans les unités de gestion 3K et 3L, ce qui suggère une première possibilité de mélange entre les stocks 3Pn, 4RS et 2J, 3KL, tel que l'avait démontré Gascon *et al.* (1990).

3.1.2. Distance parcourue et temps de nage

La figure 9 présente l'évolution de la distance parcourue par chaque poisson en fonction du temps de nage, pour les trois années de marquage. Différentes phases dans la migration des morues du nord du Golfe peuvent être observées.

Au cours des 50 premiers jours après le marquage, il y a peu de mouvements, bien qu'une certaine dispersion semble se dessiner. Entre 120 et 180 jours après le marquage, peu de poissons ont été recapturés, ce qui peut s'expliquer par une forte baisse de l'activité de pêche au cours de l'automne, comme le montre la chute des débarquements. Lorsque la pêche reprend en hiver, les morues recapturées se trouvent le plus loin du lieu d'origine, entre 300 et 500 km de leur lieu de marquage ; ces poissons ont donc effectué une longue migration. Le cycle migratoire complet dans l'aire du stock correspondrait donc environ à une distance totale de l'ordre de 1 000 km. A cette même période, on retrouve également des poissons qui sont à plus de 500 km de leur lieu de marquage et qui forment sur le graphique un nuage de points

3. RESULTS

3.1. MAPAQ database results

3.1.1. Migration corridors

The lines linking the tagging point to the recapturing point for each fish provide an estimate of the main migratory routes (Figure 8). A clear southward corridor along the west coast of Newfoundland can be observed. We can also notice that some fish have migrated east of Newfoundland, and are found in management units 3K and 3L, which suggests a first mixing possibility of 3Pn, 4RS stocks with 2J, 3KL stocks, as was shown by Gascon et *al.* (1990).

3.1.2. Distance travelled and swimming time

Figure 9 shows the evolution of the distance travelled by each fish according to swimming time, for all three years of tagging. Different migration phases can be observed for northern Gulf cod.

During the first 50 days following tagging, there is little movement, although there appears to be some dispersion. After 120 to 180 days following tagging, few fish were recaptured, which was most likely because of the significant drop in fishing activity during the fall, as indicated by the drop in landings. When fishing resumed in winter, the recaptured cod were furthest from their original point, between 300 and 500 km from their tagging point; therefore, these fish have had a long migration. The complete migratory cycle in the stock area would therefore be approximately 1,000 km in total. At this same period, there are also fish that are over 500 km from their tagging point, and form a cloud of distinct points on the chart. Fish that are recaptured one year after tagging are mostly found within 100 km of their tagging point. These are probably cod who return

distincts. Les poissons recapturés un an après leur marquage se trouvent pour la plupart à une distance inférieure à 100 km du lieu de marquage Il pourrait s'agir de morues qui reviennent au même endroit chaque année ou du moins qui empruntent le même chemin migratoire d'une année sur l'autre. Enfin, vers 300 jours, les poissons recapturés sont à une distance intermédiaire de leur lieu de marquage, entre 100 et 200 km, c'est-à-dire à mi-chemin entre le point le plus éloigné de la migration et le lieu d'origine. Ces poissons sont vraisemblablement en train d'effectuer leur migration de retour.

each year to the same area, or who use the same migratory path from one year to the other. Finally, after about 300 days, recaptured fish are at an intermediate distance from their tagging point, between 100 and 200 km, i.e. halfway between the furthest migration point and the original point. These fish are no doubt on their return migration.

Les positions de recapture ont été cartographiées pour trois groupes de poissons : ceux recapturés entre 0 et 50 jours, en été, ceux entre 180 et 280 jours, en hiver, et ceux entre 300 et 365 jours, à la fin du printemps et à l'été suivant (Fig. 10, 11, 12). La migration d'hiver a lieu au niveau du sud de Terre-Neuve, jusque dans la division 3Pn. A l'est de Terre-Neuve, on retrouve les poissons qui ont parcouru plus de 500 kilomètres, et qui sont sortis de l'aire du stock. Les poissons recapturés un an après se trouvent à proximité de leur aire de marquage (Fig. 12).

Recapturing positions were mapped for three groups of fish: those recaptured after 0-50 days, during the summer, those between 180 and 280 days, in winter, and those between 300 and 365 days, in late spring and the following summer (Figures 10, 11, 12). Winter migration occurs in the area south of Newfoundland, all the way up to division 3Pn. Fish that have travelled over 500 kilometres and who have left the stock area are found east of Newfoundland. Fish that have been recaptured a year later are found in proximity of their tagging area (Figure 12).

3.1.3. Fidélité du parcours migratoire

Pour quantifier ce phénomène, nous avons sélectionné les poissons recapturés un an après leur marquage, à plus ou moins 15 jours, c'est-à-dire les poissons ayant nagé entre 350 et 380 jours. La figure 13 représente le nombre de morues recapturées, en pourcentage, en fonction de la distance de recapture par rapport au point de marquage. Sur les 122 morues recapturées, 61 poissons, soit 50 %, se trouvaient entre 0 et 9 km de leur lieu de marquage, et 73 % se trouvaient à moins de 50 km du lieu de marquage. La proportion de poissons très proches du lieu de marquage est donc importante. Une vérification a été faite en considérant les individus capturés deux ans après leur marquage, à plus ou moins 15 jours, c'est à dire près une période comprise ente 715 et 745 jours (Fig. 14) Le signal ici est moins fort, puisque 50 % des morues a été recapturé à moins de 75 km. Néanmoins, 25% des morues se trouvait à moins de 13 km du lieu de marquage, et ce après avoir vraisemblablement réalisé deux migrations (environ 2 000 km).

3.1.3. Fidelity to migratory route

In order to quantify this phenomenon, we have selected fish that were recaptured one year after tagging, give or take 15 days, i.e. fish that swam from 350 to 380 days. Figure 13 shows the number of cod that were recaptured, in percentage, according to the recapturing distance from the tagging point. Of the 122 cod that were recaptured, 61 fish, or 50%, were found between 0 and 9 km from their tagging point, and 73% were found within 50 km of their tagging point. The proportion of fish found very close to their tagging point is significant. An assessment was made for individuals caught two years after their tagging, give or take 15 days, i.e. between 715 and 745 days (Figure 14). This signal wasn't as compelling since 50% of cod were recaptured within 75 km. Nevertheless, 25% of cod were found within 13 km of their tagging position, likely after having migrated twice (approximately 2,000 km).

3.1.4. *Précision du parcours de migration*

Les figures 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 et 22 représentent les différents mouvements des morues au cours des années 1983, 1984, 1985 et 1986.

L'été, les morues du nord du Golfe se trouvent sur la Basse Côte-Nord du Québec jusqu'au détroit de Belle-Isle. Bien que les recaptures soient faibles en automne, il semble que la migration débute lentement à partir des mois de septembre et d'octobre. En janvier, les morues ont toutes été recapturées sur la côte sud ouest de Terre-Neuve. En février, certaines morues ont été retrouvées au niveau du détroit de Cabot, elles sont donc sorties du Golfe pour atteindre la côte sud de Terre-Neuve. Quelques morues se trouvent à l'est de Terre-Neuve, celle-ci appartenant donc sûrement au stock 2J, 3KL. En mars, les morues se tiennent toujours au sud du Golfe et au sud de Terre-Neuve. A partir du mois d'avril, les poissons rentrent dans le Golfe, et se trouvent déjà plus au nord dès le mois de mai. Au mois de juin et de juillet, les poissons sont rencontrés à nouveau sur la Basse Côte-Nord du Québec et sur la côte nord ouest de Terre-Neuve, comme l'été précédent.

Les mouvements hivernaux sont légèrement différents suivant les trois années. Il semble que pour les mois de janvier, février et mars, les morues se trouvent toujours plus au sud d'une année sur l'autre. Cette observation est confirmée par les positions médianes des latitudes de recaptures des mois de janvier, février et mars pour les trois années (Fig. 23). Les morues semblent donc migrer plus au sud d'une année sur l'autre, l'écart le plus important se situe en février, où les morues de l'hiver 1986 sont plus au sud d'un degré de latitude par rapport aux morues de l'hiver 1984.

3.1.5. *Relation taille-position et taille-vitesse de nage*

Au cours des mois d'hiver, on peut observer que les morues recapturées en 1985 et 1986 étaient dispersées dans l'espace, voire même scindées en deux groupes (Fig. 18, 19, 20). Or, la littérature fait parfois mention qu'au sein d'un banc, les grands poissons peuvent se trouver à l'avant du banc, notamment lors des migrations (Rose et *al*, 1994). Nous avons donc analysé la

3.1.4. *Migratory route accuracy*

Figures 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 and 22 show the different cod movements in 1983, 1984, 1985, and 1986.

During the summer, northern Gulf cod are found on the Quebec Lower North Shore up to the Strait of Belle-Isle. Although there are few recaptures in the fall, it appears that migration begins slowly in September and October. In January, cod were all recaptured on the southwestern coast of Newfoundland. In February, some cod were found in the area of Cabot Strait, leaving the Gulf in order to reach southern Newfoundland. Some cod were found east of Newfoundland, and therefore must be part of the 2J, 3KL stock. In March, cod are always found in the southern Gulf and south of Newfoundland. Beginning in April, the fish enter the Gulf, and by May they can already be found further north. In June and July, fish are once again found on the Quebec Lower North Shore and off the northwest coast of Newfoundland, like the previous summer.

Winter movements are slightly different for the three years. In January, February and March, it appears that cod were always found a little bit further south each year. This observation was confirmed using the median positions of the recapturing latitudes for January, February and March for all three years (Figure 23). Cod therefore appear to be migrating further south each year, the largest difference being in February, where cod of the winter of 1986 were found one degree of latitude further south than cod of the winter of 1984.

3.1.5. *Size-position and size-swimming time relationships*

During the winter months, we notice that recaptured cod in 1985 and 1986 were spread out and even split up into two groups (Figure 18, 19, 20). Literature sometimes mentions that within a school of fish, larger fish can be found at the front of the school, particularly during migration (Rose et *al.*, 1994). We therefore studied cod group structures and conducted a

structure des groupes de morues en réalisant une régression linéaire entre la taille de chaque individu et sa position au sein du groupe. Nos calculs indiquent qu'il n'existe pas de relation significative entre la taille du poisson et sa position au sein du groupe (Fig. 24, 25, 26)

Au sein d'une même espèce, la vitesse de nage (tant la vitesse maximale que la vitesse prolongée) augmente avec la longueur du poisson, et il en va de même pour l'endurance (Videler, 1993). Nous avons donc étudié les vitesses de nage en fonction de la taille des poissons. Nous avons sélectionné les poissons ayant nagé entre 150 et 200 jours, qui ont donc nagé assez longtemps pour qu'il soit possible de calculer une vitesse moyenne de migration, mais qui n'ont pas a priori effectué leur migration retour. Nous avons réalisé deux régressions linéaires entre la vitesse de nage et la taille du poisson, et nous avons choisi d'exprimer la vitesse selon deux formes, d'abord en longueur de poisson par heure, qui témoigne de la vivacité du poisson (Fig. 27), puis en kilomètres par jour (Fig. 28). Les petits poissons semblent avoir une vitesse de nage plus élevée en terme de longueur de poisson par heure, la régression linéaire étant significative, ils seraient donc plus actifs. En revanche, une fois que l'on exprime la vitesse en kilomètres par jour, la différence de vitesse se compense, et il ne semble plus y avoir de relation entre la taille et la vitesse de nage.

3.1.6. Possibilités de mélange

Vingt poissons ont été recapturés dans l'aire administrative 2J, 3KL, ce qui témoigne d'une possibilité de mélange entre le stock 3Pn, 4RS et 2J, 3KL. Parmi les autres individus recapturés en dehors de l'aire du stock 3Pn, 4RS on en dénombre deux dans 3Ps et 12 dans 4TVn. Ce petit nombre de données ne permet pas d'estimer un taux de mélange.

3.1.7. Migration côtière

La cartographie des mouvements de poissons au cours de l'année semble montrer que les poissons se rapprochent de la côte en été. En hiver, les poissons semblent se tenir dans les eaux profondes, entre 100 et 250 mètres en moyenne, et sont ainsi dispersés sur des profondeurs variables (Fig. 29). En revanche, à partir du mois de juin, les morues se retrouvent

linear regression of the size of each individual according to its position within the group. Our findings indicate that there is no clear link between individual size and its position within the group (Figures 24, 25, 26).

Within a same species, swimming speed (maximum as well as sustained speed) increases according to the length of the fish, and the same is true for endurance (Videler, 1993). Therefore, we examined swimming speeds according to the length of the fish. We selected fish that had swam between 150 and 200 days, long enough for us to calculate an average migration speed, but prior to their return migration. We conducted two linear regressions between swimming speed and length of fish, and have opted to express the speed in two forms: first in fish lengths per hour, which shows vivacity (Figure 27), and in kilometres per day (Figure 28). Smaller fish appear to have a higher swimming speed in terms of fish lengths per hour according to a significant linear regression, and would therefore be more active. On the other hand, when speed is expressed in kilometres per day, the speed difference balances out, and there no longer appears to be any link between size and swimming speed.

3.1.6. Mixing possibilities

Twenty fish were recaptured in management area 2J, 3KL, which shows a possible mixing of the 3Pn, 4RS stock and the 2J, 3KL stock. Among the other recaptured individuals outside the 3Pn, 4RS stock area, two were found in 3Ps and 12 in 4TVn. These numbers are not high enough to calculate a mixing rate.

3.1.7. Coastal migration

The mapping of fish movements throughout the year shows that they appear to be closer to the coast during the summer. During the winter, fish are found at lower depths, between 100 and 250 metres on average, and are spread out at different depths (Figure 29). On the other hand, beginning in June, cod are found in shallower water, in coastal waters, and the range in depth

dans les eaux moins profondes, dans les eaux côtières, et l'amplitude de profondeur est bien moins importante. Il est difficile de déterminer la position des morues dans la colonne d'eau en automne du fait du faible nombre de recaptures.

3.2. Résultats de la base de données du MPO

3.2.1. Corridors de migration

Au niveau de l'île d'Anticosti, il semble que deux voies migratrices se dessinent. Les morues situées à l'ouest de l'île en été passent par le sud de l'île tandis que celles situées à l'est prendraient une route située au nord (Fig. 30). La plupart de ces morues sont retrouvées ensuite au même endroit, au niveau de la côte sud-ouest de Terre-Neuve. Un deuxième patron migratoire est présent au niveau du détroit de Belle-Isle, où les morues migrent vers le large vers le stock 2J, 3KL. On retrouve également un corridor de migration le long de la côte ouest de Terre-Neuve, en direction du sud.

3.2.2. Marquage de juin 1984

La campagne du MPO de juin 1984 a été réalisée au niveau de la Moyenne Côte-Nord du Québec, de part et d'autre de l'île d'Anticosti (Fig. 31).

On retrouve globalement le même patron de dispersion que pour les données du MAPAQ (Fig. 32), avec en premier lieu une dispersion progressive des poissons, entre 0 et 150 jours après le marquage, puis une absence de recapture du fait de la faible activité de pêche en automne. A partir de 225 jours, on retrouve des poissons recapturés loin du lieu de marquage, entre 300 et 500 kilomètres, ainsi que deux individus à environ 800 kilomètres. Enfin, entre 330 et 365 jours après le marquage, la plupart des poissons recapturés se trouve très près du lieu de marquage initial, ce qui témoignerait une fois de plus d'une fidélité dans le parcours migratoire des morues.

Si l'on considère seulement les poissons recapturés un an après leur marquage à 15 jours près, c'est-à-dire entre 350 et 380 jours , 50 % des 54 individus concernés se trouvaient à moins de 40 kilomètres de leur lieu de marquage

is far less significant. It is difficult to establish cod positions in the water column during the fall because of the low recapture rate.

3.2. DFO database results

3.2.1. Migration corridors

In the area of Anticosti Island, there appear to be two migratory patterns. Cod that are found west of the Island during the summer pass south of the Island, while those found east of the Island pass north (Figure 30). Most of these fish are later found in the same area, in the area off the southwest coast of Newfoundland. A second migratory pattern occurs near the Strait of Belle Isle, where cod migrate offshore towards the 2J, 3KL stock. A migration corridor can also be found along the west coast of Newfoundland, in a southern direction.

3.2.2. June 1984 tagging

The June 1984 DFO campaign was carried out in the area of the Quebec Middle North Shore, and of both sides of Anticosti Island (Figure 31).

Generally, the same dispersion pattern is found as with the MAPAQ data (Figure 32); first, a progressive dispersion of fish, between 0 and 150 days after tagging, and a null recapture rate because of weaker fishing activity during the fall. After 225 days, recaptured fish were found far from the tagging point, between 300 and 500 kilometres, as well as two individuals at around 800 kilometres. Finally, from 330 to 365 days after tagging, most of the recaptured fish were found very near to the initial tagging point, which would be consistent once again with fidelity in cod migratory routes.

If only fish that were recaptured one year after tagging are taken into account, give or take 15 days, i.e. between 350 and 380 days, 50% of the 54 individuals of interest were located within 40 kilometres of their tagging point (Figure 33).

(Fig. 33).

Les figures 34, 35, 36, 37 représentent les mouvements des poissons au cours de l'année. Dès le mois de septembre, les morues de l'ouest commencent à migrer rapidement vers le sud, au niveau de la péninsule gaspésienne (division 4T), ce qui confirmerait une route par le sud de l'île. Les morues de l'est ont plus tendance à se diriger vers l'est, c'est-à-dire vers le détroit de Belle-Isle et Terre-Neuve. En hiver, les deux composantes sont retrouvées au même endroit, au niveau des côtes sud-ouest de Terre-Neuve, dans les divisions 4Rc et 4Rd. Enfin, au mois de mai et de juin de l'année suivante, les morues se retrouvent à proximité de leur lieu de marquage à l'ouest de l'île d'Anticosti (4S), du moins pour la composante « ouest » puisqu'il n'y a eu pratiquement aucune recapture de morues de la composante « est ». On remarque que l'aire d'hivernage est similaire à celle des morues du programme MAPAQ, les trois composantes se mélangeant donc au même endroit l'hiver.

Figures 34, 35, 36 and 37 show the movements of fish over the course of one year. From September, western cod begin to migrate rapidly to the south, from the Gaspe Peninsula (division 4T), which would confirm a route south of the Island. Eastern cod have a tendency to travel eastward, i.e. towards Cabot Strait and Newfoundland. In winter, both components can be found in the same area, off the south-western coast of Newfoundland, in divisions 4Rc and 4Rd. Finally, in May and June of the following year, cod are found in proximity of their tagging point west of Anticosti Island (4S), at least for the "western" component seeing as there were almost no recaptures of cod from the "eastern" component. The wintering area appears to be similar to that used by the cod from the MAPAQ program, with the three components mixing in the same area in winter.

3.2.3. Marquage de septembre 1983

Les marquages de septembre 1983 ont été réalisés le long de la côte ouest de Terre-Neuve ainsi qu'au niveau du détroit de Belle-Isle (Fig. 38). Pour des raisons pratiques, ils ont été subdivisés en quatre ensembles : les individus marqués à la limite entre les zones 4R et 3K (composante 4R3K), ceux marqués dans la zone 4Ra (composantes 4Ra1 et 4Ra2) et ceux marqués dans 4Rb et 4Rc (composante 4Rbc).

Il y a moins de recaptures que pour le marquage de juin, et de ce fait, la dispersion au cours des premiers mois est moins nette (Fig. 39). En hiver, les morues se retrouvent à environ 500 kilomètres de leur lieu de marquage. Le phénomène de faible distance pour les poissons recapturés aux environs d'un an après le marquage n'est pas observé ici.

Peu de temps après le marquage (Fig. 40), les quelques recaptures réalisées sont très proches du lieu de marquage. À partir du mois de décembre jusqu'au mois de mai (Fig. 41 et 42), les morues recapturées se trouvent loin du lieu d'origine, et montrent différentes voies de migration. Celles marquées à la limite entre 4R et 3K ont migré à l'est, au large de Terre-Neuve, ce qui indique qu'il s'agissait probablement de

3.2.3. September 1983 tagging

The September 1983 tagging was conducted along the western coast of Newfoundland as well as in the Cabot Strait area (Figure 38). For practical reasons, it was subdivided into four groups: individuals tagged at the boundary between areas 4R and 3K (component 4R3K), those tagged in area 4Ra (component 4Ra1 and 4Ra2), and those tagged in 4Rb and 4Rc (component 4Rbc).

There are fewer recaptures than for the June tagging, and therefore, dispersion during the first months is not as apparent (Figure 39). In winter, cod are found at approximately 500 kilometres from their tagging point. The short distance phenomenon for fish being recaptured about one year after tagging is not seen here.

A short time after tagging (Figure 40), the few recaptures that were made were very close to the tagging point. From December to May (Figure 41 and 42), recaptured cod are found far from their original point, and show different migration paths. The fish that were tagged at the boundary between 4R and 3K migrated east, offshore from Newfoundland, which indicates that they could have been from the 2J, 3KL cod stock. This

morues appartenant au stock 2J, 3KL. Ceci suggère une possibilité de mélange entre les stocks 2J, 3KL et 3Pn, 4RS au niveau du détroit de Belle-Isle. Quelques morues issues d'un marquage dans 4Ra1 et 4Ra2 se retrouvent aussi au large à l'est de Terre- Neuve, ce qui vient renforcer les possibilités de mélange. En revanche, tous les poissons marqués dans 4Rbc ont migré au sud de Terre-Neuve. Enfin, après un an (Fig. 43), la grande majorité des morues marquées à la limite entre 3K et 4R se retrouve très près de la côte est de Terre-Neuve.

3.2.4. Mélange entre stocks

La variabilité des parcours migratoires de la morue d'Anticosti pourrait suggérer que ce secteur représentait une zone de mélange en été entre la morue de 4T et celle de 4S.

Un total de 71 poissons sont sortis de l'aire du stock, notamment au niveau du détroit de Belle-Isle, et ont été recapturés dans 2J, 3KL. Les recaptures dans 3Ps sont négligeables, et les 16 individus retrouvés dans le stock du sud du Golfe représentent 4,4% des recaptures.

3.2.5. Migration côtière

On note une évolution de la profondeur à laquelle on retrouve la morue au cours de l'année. Globalement, il semble que les morues se tiennent en eau côtière au cours des mois d'été (0-100 mètres), et qu'elles fréquentent les eaux profondes (entre 200 et 400 mètres) en hiver (Fig. 44).

3.3. Résultats de la base de données Sentinelles

3.3.1. Corridors de migration

Le corridor de migration le long de la côte ouest de Terre-Neuve est toujours présent (Fig. 45). On note par ailleurs que des poissons marqués dans 3Pn migrent vers l'est, c'est-à-dire l'unité de gestion 3Ps. Ces mouvements témoignent d'un mélange entre ces deux stocks. Contrairement aux bases de données MPO et MAPAQ, aucun mouvement en direction de l'est de Terre-Neuve (2J, 3KL) n'est observé.

Les mouvements des morues sont différents selon les périodes et les zones de marquage. Trois périodes de l'année ont été sélectionnées :

suggests a mixing possibility between the 2J, 3KL stock and the 3Pn, 4RS stock in the Strait of Belle Isle area. A few cod that were tagged in 4Ra1 and 4Ra2 are also found offshore east of Newfoundland, which reinforces the mixing possibilities. On the other hand, all the fish that were tagged in 4Rbc migrated south of Newfoundland. Finally, after a year (Figure 43), a large majority of the cod that were tagged at the boundary between 3K and 4R are found very close off the eastern coast of Newfoundland.

3.2.4. Mixing of stocks

The variability of migratory routes used by Anticosti cod might suggest that this is a mixing area during the summer between cod from 4T and 4S.

A total of 71 fish were found outside of the stock area, in particular in the Strait of Belle Isle area, and were recaptured in 2J, 3KL. Recaptures in 3Ps were insignificant, and the 16 individuals that were found in the southern Gulf stock corresponded to 4.4% of all captures.

3.2.5. Coastal migration

An increase in depth has been noticed for cod during the year. Cod generally live in coastal waters during the summer months (0-100 metres), and move to deeper waters during the winter (between 200 and 400 metres) (Figure 44).

3.3. Sentinel fisheries database results

3.3.1. Migration corridors

The migration corridor along the western coast of Newfoundland is still present (Figure 45). It has also been noticed that fish that were tagged in 3Pn migrate east, i.e. towards management area 3Ps. These movements show a mixing between these two stocks. Contrary to the MAPAQ and DFO databases, no eastbound movement towards Newfoundland (2J, 3KL) was recorded.

Cod movements differs according to tagging periods and areas. Three periods in the year were chosen: July, November, and April-May,

le mois de juillet, le mois de novembre et les mois d'avril-mai, mois pour lesquels nous avions le plus grand nombre de recaptures.

3.3.2. Marquages de juillet

Les mouvements observés à partir des marquages de juillet et d'août sont similaires. Le mois de juillet ayant le plus de données, et, par souci de clarté, seules les données de ce mois sont présentées sur les cartes pour les zones 4Ra, 4Rc et 3Pn (Fig. 46).

Si l'on considère la distance parcourue en fonction du temps, (Fig. 47), les morues marquées dans la division 4Ra ont été recapturées jusqu'à 500 kilomètres par rapport à leur lieu de marquage, puis ont été recapturées très près de leur lieu de marquage un an après. Les morues de 4Rc semblent effectuer un parcours plus limité, puisque la distance maximale à laquelle une morue a été recapturée est de 215 kilomètres. Au bout d'un an, on retrouve des morues de 4Rc très près de leur lieu de marquage. Les morues marquées dans 3Pn suivent un parcours complètement différent. En effet, mises à part quelques morues recapturées aux alentours de 100 kilomètres, la plupart a été recapturée à moins de 50 kilomètres du lieu de marquage et ce tout au long de l'année. Cette faible distance suggère que ces morues n'ont pas migré ou très peu. On peut donc distinguer trois grands types de mouvement : migration longue, migration courte et absence de migration.

Les figures 48, 49, 50, 51 traduisent les mouvements des morues issues des différents sites de marquage selon différentes périodes de l'année. Dès les mois de septembre et d'octobre, les morues de 4Ra commencent à migrer vers le sud le long de la côte ouest de Terre-Neuve, et les morues de 4Rc franchissent le détroit de Cabot et sortent du Golfe, pour atteindre la division 3Pn. En revanche, les morues marquées dans 3Pn ne semblent pas migrer et restent pour la plupart dans 3Pn ; seuls quelques individus sont retrouvés dans la division 3Ps, ce qui témoigne d'une possibilité de mélange. En hiver, les quelques poissons recapturés se trouvaient essentiellement dans 3Pn, mais quelques individus ont été retrouvés dans 3Ps. Aux mois d'avril et de mai, les morues initialement marquées dans 4Ra et 4Rc franchissent le détroit de Cabot dans l'autre sens et retournent ainsi

where we had the highest number of recaptures.

3.3.2. July tagging

The movements that were recorded from the July and August tagging were similar. July had more data and, for clarity purposes, only these data are presented on the map for areas 4Ra, 4Rc, and 3Pn (Figure 46).

If we consider the distance travelled according to time (Figure 47), cod that were tagged in division 4Ra were recaptured up to 500 kilometres from their tagging point, and were recaptured very close to their original tagging position a year later. 4Rc cod appear to have a more limited route, because the maximum distance a cod was recaptured at was 215 kilometres. After one year, 4Rc cod are found very close to their tagging point. Cod tagged in 3Pn follow a completely different path. In fact, besides a few cod recaptured at approximately 100 kilometres, most were recaptured within 50 kilometres from their original tagging point throughout the year. This short distance suggests that cod didn't migrate at all, or very little. Three considerable movement types can be observed: long migration, short migration, and no migration.

Figures 48, 49, 50 and 51 show cod movements from different tagging points and at different times of the year. Starting in September and October, cod from 4Ra begin to migrate south along the western coast of Newfoundland, and cod from 4Rc cross Cabot Strait and exit the Gulf, then reach division 3Pn. On the other hand, cod that were tagged in 3Pn don't seem to migrate and remain for the most part in 3Pn; only a few individuals are found in division 3Ps, which shows a mixing possibility. During the winter, the few recaptured fish were mostly found in 3Pn, but a few individuals were found in 3Ps. In April and May, cod that were initially tagged in 4Ra and 4Rc, crossed Cabot Strait in the opposite direction and returned to the Gulf. Finally, in June and July, one year after tagging, cod that were tagged in 4Ra were found in 4Ra, cod that were tagged in 4Rc were found in 4Rc, and cod that

dans le Golfe. Finalement, au mois de juin et juillet, soit un an après les marquages, les morues marquées dans 4Ra se retrouvent dans 4Ra, les morues marquées dans 4Rc se retrouvent dans 4Rc, et les morues marquées dans 3Pn sont toujours dans 3Pn, sans avoir migré.

were tagged in 3Pn were still in 3Pn, without having migrated.

Ces résultats semblent montrer l'existence de différentes composantes au sein du stock 3Pn, 4RS, avec notamment deux composantes 4Ra et 4Rc qui migrent au même endroit l'hiver mais qui semblent avoir une aire estivale différente, et une composante 3Pn qui semble être résidante toute l'année, mais qui pourrait toutefois se mélanger avec le stock voisin 3Ps.

These results appear to show the presence of different components within the 3Pn, 4RS stock, with in particular two components 4Ra and 4Rc that migrate to the same area in winter, but have different summering areas, and one component 3Pn that resides year-round, but could possibly mix with the neighbouring 3Ps stock.

3.3.3. Marquages de novembre

3.3.3 November tagging

Les résultats obtenus à partir des marquages de novembre et de décembre sont similaires. Ceux du mois de novembre sont illustrés car ils sont les plus nombreux. Les marquages de novembre ont été principalement réalisés dans la division 3Pn (Fig. 52), mis à part quelques marquages réalisés dans 4Rd (non illustrés).

Results from the November and December tagging are similar. Those from November are indicated because they have the highest number. November tagging was mostly conducted in division 3Pn (Figure 52), except for a few fish that were tagged in 4Rd (not indicated).

Au cours des premiers mois après le marquage, du mois de novembre au mois de janvier, il y a eu peu de recaptures. Néanmoins, ces recaptures montrent une quasi absence de mouvements des morues, qui semblent rester dans la division 3Pn pendant l'hiver. Dès les mois d'avril et mai (Fig. 53), on observe deux mouvements différents, avec un groupe de morues qui franchit le détroit de Cabot et entre dans le Golfe, et un groupe qui reste dans 3Pn. Du mois de juin au mois d'août (Fig. 54), on distingue trois groupes, un groupe de morues au nord du Golfe au niveau la division 4Ra, un groupe au centre de la côte ouest de Terre-Neuve au niveau de la division 4Rc, et toujours un groupe de morues qui reste au sud de Terre-Neuve dans la division 3Pn. On remarque également que certaines morues ont été recapturées dans la zone 3Ps. Au mois de septembre et d'octobre (Fig. 55), la plupart des morues se retrouve vers le sud de Terre-Neuve, au niveau des zones 4Rd et 3Pn, et finalement un an après, au mois de novembre (Fig. 56), toutes les morues sont dans 3Pn. Parmi toutes ces morues marquées en novembre dans 3Pn, aucune n'a été retrouvée vers l'île d'Anticosti en

During the first months after tagging, from November to January, there were few recaptures. Nevertheless, these recaptures showed almost no cod movement, which indicates that they appear to stay in 3Pn during the winter. Starting in April and May (Figure 53), two different movements are noted, with one cod group crossing Cabot Strait and entering the Gulf, and another group staying in 3Pn. From June to August (Figure 54), three groups are noted, one cod group in the northern Gulf in division 4Ra, one group in the middle of the west coast of Newfoundland in division 4Rc, and still one group remaining south of Newfoundland in division 3Pn. We also notice that certain cod were recaptured in area 3Ps. In September and October (Figure 55), most cod are found towards southern Newfoundland, in areas 4Rd and 3Pn, and finally, a year later, in November (Figure 56), all cod are in area 3Pn. Among all the cod that were tagged in November in area 3Pn, none were found near Anticosti Island in summer, as indicated by the results from the DFO tagging. The December tagging in 3Pn showed the same results, i.e. no migration towards Anticosti.

été, comme il a été observé dans les résultats du marquage du MPO. Les marquages de décembre dans 3Pn ont révélé la même situation, c'est-à-dire aucune migration vers Anticosti.

Les marquages de novembre et de décembre mettent en évidence le mélange hivernal de plusieurs composantes du stock, incluant une composante résidante non migratrice et des composantes qui effectuent un parcours dans le golfe du Saint-Laurent. Les quelques individus retrouvés dans la région 3Ps témoignent des possibilités de mélanges entre les deux stocks.

3.3.4. Marquages d'avril et mai

Tous les poissons ont été marqués dans la région 3Pn (Fig. 57). Dès le mois de mai, soit un mois après les premiers marquages, quelques morues remontent vers le nord le long de la côte ouest de Terre-Neuve (Fig. 58). Au mois de juin (Fig. 59), on observe une séparation avec un groupe migrant vers le nord, et un groupe qui reste au sud de Terre-Neuve dans 3Pn. Au mois de juillet et d'août (Fig. 60), la migration vers le nord du Golfe est évidente, avec notamment de grosses concentrations en particulier dans les divisions 4Ra et 4Rc. Pendant l'été, on observe également des morues dans 3Ps, notamment au banc de Burgeo. Au mois de septembre (Fig. 61), on retrouve trois groupes de poissons, dans 4Ra, 4Rc et 3Pn, ainsi que des intrusions dans la division 3Ps. D'octobre à décembre (Fig. 62), la majorité des poissons est au sud de Terre-Neuve, dans 4rd et 3Pn. On retrouve également quelques poissons dans le Golfe, et quelques poissons dans 3Ps notamment encore au niveau du banc de Burgeo. Enfin, au mois de mai (Fig. 63), soit un an après les marquages, les poissons sont dans 4Rd, donc proches de leur lieu d'origine.

Les résultats du marquage d'avril et mai sont donc similaires à ceux des marquages de juillet et de novembre, dans le sens où on y retrouve différentes composantes, avec la composante résidante de 3Pn, et les composantes migrant vers le nord du Golfe en été, qui semblent encore se répartir majoritairement dans 4Ra et 4Rc. On y observe de nettes intrusions dans la division 3Ps, au sud est de Terre-Neuve et sur le banc de Burgeo.

The November and December tagging highlight winter mixing of several stock components, including a resident non-migratory component and components that migrate to the Gulf of St. Lawrence. The few individuals that were found in area 3Ps show signs of mixing between the two stocks.

3.3.4. April and May tagging

All fish were tagged in area 3Pn (Figure 57). Beginning in May, a month after the first tagging, some cod travelled north along the western coast of Newfoundland (Figure 58). In June (Figure 59), a split was noticed with one group migrating north and one group remaining south of Newfoundland in 3Pn. In July and August (Figure 60), migration towards the northern Gulf was obvious, with large concentrations of cod particularly in divisions 4Ra and 4Rc. During the summer, cod were also found in 3Ps, in particular on the Burgeo Bank. In September (Figure 61), three groups of fish were found in 4Ra, 4Rc and 3Pn, as well as intrusions into division 3Ps. From October to December (Figure 62), most fish were found south of Newfoundland, in 4Rd and 3Pn. A few fish were found in the Gulf, and a few fish in 3Ps, especially around the Burgeo Bank again. Finally, in May (Figure 63), one year after tagging, fish were found in 4Rd, close to their original position.

April and May tagging results are similar to those from the July and November tagging, in the sense that different components are found, with the 3Pn resident component, and the components migrating to the northern Gulf in summer, which again appear to mostly split up into 4Ra and 4Rc. Clear intrusions are noticed in division 3Ps, southeast of Newfoundland and on the Burgeo Bank.

3.3.5. Mélanges entre stocks

La base de données issue des pêches Sentinelles témoigne de mélanges entre le stock 3Pn, 4RS et le stock 3Ps, avec notamment des poissons recapturés au niveau du banc de Burgeo. Ce mélange ne se limite pas seulement aux sous-unités mitoyennes de 4Rd (3PsA et 3Psd), mais est également présent plus vers l'est, au niveau des sous-unités 3Psb et 3Psc. En ce qui concerne l'origine de ces morues recapturées dans 3Ps, on constate qu'il s'agit pour la plupart (58%) de morues marquées dans 3Pn. Les morues marquées dans 4Rc et 4Ra y contribuent moins avec respectivement 13% et 11% (Fig. 64). Toutefois, 3Pn représente 60 % des marquages, et 4Rc et 4Ra n'en représentent que 12% (Fig. 65). On ne peut donc rien conclure quant à une origine préférentielle des morues recapturées dans 3Ps.

3.3.6. Migration côtière

La migration côtière semble moins marquée que pour les autres bases de données (Fig. 66). L'absence de pêche au chalut en hiver, entraîne une absence de recapture à cette période, recaptures qui seraient a priori réalisées en eaux profondes. Ceci pourrait donc biaiser les résultats. Les recaptures d'été sont réalisées sur une grande amplitude de profondeur, mais néanmoins, s'il on ne tient compte que des groupes de poissons les plus importants (> 10 poissons), on retrouve globalement que les poissons se tiennent en eaux peu profondes l'été (< 100 mètres), puis qu'ils se retrouvent plus en profondeur au fur et à mesure que l'automne avance.

3.3.5. Mixing of stocks

The sentinel fisheries database reveals mixing between the 3Pn, 4Rs stock and the 3Ps stock, with fish having been recaptured in the area of the Burgeo Bank. This mixing is not unique to the 4 Rd mid-range subunits (3Psc and 3Psd), but is also present eastward in subunits 3Psb and 3Psc. As for the origin of cod recaptured in 3Ps, it has been found that most (58%) of them were tagged in 3Pn. Cod that were tagged in 4Rc and 4Ra represent a smaller portion, 13% and 11% respectively (Figure 64). However, 60% of the tagging is from 3Pn and only 12% from 4Rc and 4Ra (Figure 65). Therefore, there is no evidence indicating a specific source for cod recaptured in 3Ps.

3.3.6. Coastal migration

Coastal migration appears to be less significant as for other databases (Figure 66). The absence of trawl fishing during the winter results in a null recapture rate during this period, a period in which recaptures would be in deeper waters. This could skew the results. The summer recaptures are conducted over a wide range of depths; however, if only the more important groups of fish are taken into account (> 10 fish), we find that more often than not, fish live in shallower water during the summer (< 100 metres), and are found in deeper water as fall progresses.

4. DISCUSSION

4.1. Les parcours de migration

Les données du MAPAQ, des pêches Sentinelles et d'une partie du MPO, confirment le schéma général de la migration annuelle du stock de morues du nord du Golfe. Le stock 3Pn, 4RS se tient au nord du Golfe durant l'été, au niveau du nord-est de la division 4S et au niveau de la division 4Ra, donc près du détroit de Belle-Isle. Le mois de septembre et octobre semblent être des mois intermédiaires, où commence peu à peu la migration vers la zone d'hivernage. Les

4. DISCUSSION

4.1. Migration routes

The MAPAQ and sentinel fisheries data as well as a portion of the DFO data confirm the general annual migration pattern of the northern Gulf cod stock. The 3Pn, 4RS stock lives north of the Gulf during the summer, in the northeast portion of division 4S and in the division 4Ra, close to the Strait of Belle Isle. September and October appear to be intermediate months, when migration towards wintering areas gradually begins. Cod migrate along the western coast of

morues migrent alors le long de la côte ouest de Terre-Neuve vers le sud du Golfe, franchissent le détroit de Cabot pour arriver jusqu'au niveau de la division 3Pn où elles vont passer l'hiver. La formation des glaces (du nord-ouest vers le sud-est) semble être une cause plausible de cette migration (Fréchet, 1990). Au printemps, un déplacement inverse s'amorce, les morues retournent à l'intérieur du Golfe, puis remontent vers le nord aux alentours du mois de juin, et semblent ensuite revenir dans la même zone estivale que celle qu'elles ont quittée l'été précédent. Ce schéma historique correspond à celui décrit par Minet (1974), Templeman (1979) et Moguedet (1994).

Newfoundland towards the southern Gulf, cross Cabot Strait and arrive in division 3Pn where they spend the winter. Ice formation (from the northwest to the southeast) may be a reason for this migration (Fréchet, 1990). In spring, a reverse movement occurs and cod return to the Gulf, and then move northward in and around June, and then appear to return to their previous summering area. This historical pattern is consistent to the one described by Minet (1974), Templeman (1979) and Moguedet (1994).

Nos résultats permettent d'observer des variations de migration à petite échelle. Les résultats obtenus par le MAPAQ montrent qu'aux hivers 1984, 1985 et 1986, la morue ne se tenait pas exactement aux mêmes endroits, mais qu'au fil des années, la morue était toujours plus au sud par rapport au même mois de l'année précédente (Fig. 18, 19, 10). Comme le montre la figure 23, la différence maximale de latitude entre l'hiver 1984 et l'hiver 1986 se situe au mois de février, mois pour lequel les morues de 1986 se trouvaient 1° plus au sud que les morues de février 1984. La migration hivernale semble avoir lieu plus tôt, et plus au sud. Des observations similaires ont été décrites par Castonguay et *al* (1999) qui ont observé que la position médiane des morues était 2° plus au sud (220 km) en 1995 par rapport à 1985.

Our results allow us to see small scale migration changes. The MAPAQ results show that during the 1984, 1985 and 1986 winters, cod were never found in exactly the same locations, but from year to year, they were found further and further south than during the same month in the previous year (Figures 18, 19, 10). As seen in Figure 23, the maximum difference in latitude between the winters of 1984 and 1986 was recorded in February, a month in which the 1986 cod were found 1° further south that the February 1984 cod. Winter migration appears to have begun earlier and further south. Similar observations were described by Castonguay et *al*. (1999), who noticed that the median position of cod was 2° further south (220 km) in 1995 compared to 1985.

Alors que ces variations ne concernent seulement qu'une très courte période de temps, trois ans, nous pouvons remarquer des variations dans le patron migratoire à plus grande échelle. En effet, les résultats de la base de données du MAPAQ montrent des morues qui franchissent le détroit de Cabot et sortent du Golfe aux environs des moi de janvier et février. De plus, Templeman (1979) remarque que d'après des marquages réalisés dans le nord du Golfe entre 1962 et 1964, relativement peu de morues n'avaient encore franchi le détroit de Cabot à la fin du mois de décembre, ce qui va dans le sens de nos observations. Contrairement à cela, les résultats de la base Sentinelles montrent des morues sortant du Golfe aux mois d'octobre et de novembre. L'analyse de la prise par unité d'effort dans 3Pn (Fig. 67) montre une très forte augmentation des prises à la fin du mois

While these changes only occurred over small period of time (three years), larger scale changes to the migration pattern can be seen. The MAPAQ database results show cod crossing Cabot Strait and exiting the Gulf around January and February. Furthermore, Templeman (1979) noticed that according to tagging conducted in the northern Gulf between 1962 and 1964, relatively few cod had crossed Cabot Strait at the end of December, which is consistent with our observations. On the other hand, the sentinel fisheries database shows cod exiting the Gulf in October and November. The catch per unit of effort analysis for area 3Pn (Figure 67) shows a very strong catch increase at the end of October, which is consistent with cod exiting the Gulf. There would then be a two month difference between the MAPAQ and sentinel fisheries databases regarding the exiting period from the

d'octobre, correspondant à la sortie du Golfe par les morues. Entre les bases de données du MAPAQ et de Sentinelles, il y aurait donc un écart d'environ deux mois au niveau de la période de sortie du Golfe. Castonguay et *al* (1999) précisent que le changement de distribution vers le sud en janvier ainsi que l'absence de changement de distribution latitudinale en été suggèrent que la morue a effectué la migration automnale de plus en plus tôt entre 1985 et 1994. L'absence de pêche d'automne au cours des années 1980 ne permet pas, toutefois, d'être catégorique sur la date de sortie du Golfe au cours de cette période. Ces variations observées sur le long terme pourraient être dues à un changement de comportement vis-à-vis d'une variation de température. Selon Castonguay et *al* (1999), le refroidissement de la couche intermédiaire froide observé au cours de la période d'étude pourrait être à l'origine d'un changement de patron migratoire des morues, qui migreraient ainsi plus tôt, plus profondément, et plus au sud.

4.2. Influence de la taille des individus

Il a déjà été observé que les populations de morue en migration étaient structurées en taille, les plus gros individus se situant en avant des bancs (Rose et *al*, 1994). Les données analysées ici ne montrent aucune structure particulière, les groupes identifiés étant constitués d'individus de tailles variées. La gamme de taille peu étendue de la base de données du MAPAQ ne permet sans doute pas de vérifier ce phénomène. Les résultats obtenus concernant la vitesse de nage en fonction de la taille montrent que les petits poissons nagent plus vigoureusement que les grands. La vitesse de nage exprimée en longueur de poisson par heure est significativement plus élevée pour les petits individus. Si la vitesse de nage est exprimée en kilomètre par jour, il n'y a plus de différence significative. Une nage plus active viendrait donc compenser la petite taille et assurerait le maintien de la structure des bancs.

4.3. Le phénomène de fidélité – (homing)

Les résultats indiquent que les morues occupent des aires de distribution estivale et hivernale, auxquelles elles reviennent chaque année, avec plus ou moins de précision. Les résultats issus du MAPAQ montrent que 50% des morues se

Gulf. Castonguay et *al*. (1999) pointed out that the southward distribution change in January and the absence of any latitude distribution change in summer suggests that cod migrated earlier and earlier in the fall between 1985 and 1994. , However, the absence of fall fishing activities during the 1980s doesn't allow us to unequivocally provide Gulf exiting dates for this period. These long term changes could be attributed to behaviour changes following temperature variations. According to Castonguay et *al*. (1999), the cooling of the cold intermediate layer recorded during the study period could have resulted in a migratory pattern change for cod, who would migrate earlier, deeper, and further south.

4.2. Influence of individual size

It has previously been observed that migrating cod populations were structured by size, the larger individuals being at the front of the schools (Rose et *al*., 1994). The data studied here shows no particular structure, the identified groups being formed of different size individuals. The limited size range of the MAPAQ database surely does not provide enough to verify this phenomenon. The results regarding swimming speed according to size show that smaller fish swim more vigorously than larger fish. Swimming speed expressed in fish lengths per hour is significantly higher for smaller individuals. But if swimming speed is expressed in kilometres per day, there is no longer any major difference. Smaller fish compensate by swimming more actively and ensure the maintenance of the school structure.

4.3. The fidelity phenomenon – (homing)

Results indicate that cod have both winter and summer distribution areas to which they return to every year, with a certain degree of precision. The MAPAQ results show that 50% of cod are found within 9 km of their tagging point a year

trouve à moins de 9 km de ce lieu de marquage un an après. Pour les données du MPO, 50 % des poissons s'y trouvait à moins de 40 km. De même, les résultats de la base Sentinelles montrent que les morues marquées dans 4Ra et dans 4Rc, ont été recapturées un an après dans les divisions d'origine. Ce phénomène, même si les chiffres sont alors moins éloquents, semble persister dans le temps, puisque les résultats du MAPAQ montrent que 50 % des morues se trouvent à moins de 75 km de leur lieu de marquage, deux ans après. Seules les recaptures issues du marquage MPO de septembre ne montre pas de fidélité apparente dans le parcours migratoire des morues.

Le fait de retrouver les individus à proximité de leur lieu de marquage peut s'expliquer aussi bien par une résidence des poissons dans un site à l'année longue que par une fidélité à un parcours migratoire (« homing »). Les résultats du MAPAQ, du MPO et de Sentinelles montrent tous les trois qu'il n'y a aucune recapture sur les sites de marquages après 6 mois et que tous les poissons recapturés se sont déplacés (à l'exception d'une composante de 3Pn). Sinclair et *al* (1991) et Castonguay et *al* (1999) ont indiqué que seuls les poissons de longueur inférieure à 40 cm pourraient ne pas migrer et rester dans le Golfe. L'ensemble des données traitées ne contient que très peu de poissons de cette taille. Les poissons recapturés entre 350 et 380 jours ont une taille moyenne de 49 cm pour le MAPAQ et 56 cm pour le MPO. Il est à noter que des poissons de moins de 40 cm ont été recapturés à 500 kilomètres de leur lieu de marquage et avaient donc migré. La taille n'apparaît pas ici comme un facteur pouvant influencer le parcours migratoire.

Ce phénomène de retour au même endroit d'une année sur l'autre a déjà été observé par Templeman (1979), notamment, et évoqué par Gascon et *al* (1997). L'existence d'une aire d'hivernage auxquelles les morues accèdent chaque année a été décrite par Smedbol et Wroblewsky (2000) pour la population de l'est de Terre-Neuve (2J,3KL). L'hypothèse d'une fidélité au parcours migratoire peut être retenue. Cette fidélité peut être très précise puisque, dans le cas des résultats du MAPAQ, 50 % des individus

later. The DFO results show that 50% were found within 40 km. The sentinel fisheries results show that cod tagged in 4Ra and 4Rc were recaptured in their original division a year later. This phenomenon, although the numbers aren't as telling, appears to be consistent through time since the MAPAQ results show that 50% are found within 75 km of their original tagging point two years later. Only the DFO tagged recaptures from September do not show any obvious fidelity in cod migratory routes.

Finding individuals in proximity of their tagging point can be explained as much by the fact that it is their yearly residence area, as by the fact that there is a migratory route fidelity (homing). MAPAQ, DFO, and sentinel fisheries results all show that there are no recaptures at the tagging points after 6 months, and that all tagged fish have moved (except for a 3Pn component). Sinclair et *al.* (1991) and Castonguay et *al.* (1999) indicated that only fish smaller than 40 cm in length might not migrate and remain in the Gulf. Of all the data examined, there are very few fish of that size. Fish that were recaptured after 350 and 380 days measured 49 cm on average according to the MAPAQ, and 56 cm according to DFO. It should be noted that some fish smaller than 40 cm were recaptured 500 kilometres from their tagging point and had therefore migrated. Size does not appear to be a factor that affects migratory patterns.

This phenomenon of returning to the same area year after year was already be noticed by Templeman (1979), among other authors, and noted by Gascon et *al.* (1997). The existence of a wintering area where cod return to every year was described by Smedbol and Wroblewsky (2000) for the eastern Newfoundland population (2J, 3KL). The migratory pattern fidelity hypothesis can be considered. This fidelity might be very precise since, in the case of the MAPAQ results, 50% of the recaptured individuals were

[1] The recapturés return to a place à moins formally occupied instead to going to other equally probable places

après un an se trouvaient de 9 km de leur point de départ après un parcours d'environ 1000 km. Dans nos observations, seule la fidélité de la répartition estivale est visible, et l'été n'est pas une période de reproduction. Harden-Jones (1968) définit le homing comme « le retour à une place occupée précédemment plutôt qu'à d'autres places équiprobables » (traduction libre[1]). Selon cette définition et à partir des résultats obtenus, il est possible de parler d'un comportement de homing de la part de la morue du nord du Golfe.

found within 9 km of their starting point a year later, after having travelled approximately 1,000 km. In our observations, only the summer distribution fidelity is visible, and summer is not a reproduction period. Harden-Jones (1968) defines homing as returning to a place formally occupied rather than going to other equally probable places. According to this definition and according to our results, a homing behaviour does exist for northern Gulf Atlantic cod.

4.4. Présence de sous-populations dans le stock du nord du Golfe

L'existence de sous-populations au sein des stocks de morues de l'Atlantique-ouest est connue et décrite dans la littérature. Il existerait ainsi plusieurs sous-populations dans le golfe du Maine, chacune ayant ses propres corridors de migration, d'autres encore étant résidantes (Ames, 2004). De même, il a été montré l'existence de sous-populations au niveau du stock 2J, 3KL (Smedbol et Wroblewski, 2000). L'existence de populations locales dans le stock du nord du Golfe a déjà été évoquée par Templeman (1979), notamment avec des populations situées près de Lake Harbour (au niveau de 4Rc), Port au Choix (4Ra), Centre Bank, Bonne Esperance et La Tabatière (4S - est) ainsi que vers la Baie Johan Beetz (4S - nord d'Anticosti). Selon lui, ces populations locales montreraient un homing prononcé dans leurs aires d'alimentation d'été et d'automne. Les résultats présentés ici, et particulièrement ceux reliés à la base de données des pêches Sentinelles, permettent de suggérer l'existence d'au moins quatre composantes, ou sous-populations, au sein de ce stock, qui rejoignent les propositions de Templeman : une composante 4S (île d'Anticosti), deux composante 4Ra (ouest Terre-Neuve) et 4Rc (Basse Côte-Nord) et une composante 3Pn.

4.4. Occurrence of subpopulations in the northern Gulf stock

The occurrence of subpopulations within Western Atlantic cod stocks is known and documented. There also appears to exist several subpopulations in the Gulf of Maine, each having its own migration corridor, others being residents (Ames, 2004). Subpopulations within the 2J, 3KL stock have also been demonstrated (Smedbol and Wroblewski, 2000). The presence of local populations within the northern Gulf stock has been noted by Templeman (1979), in particular concerning populations located near Lake Harbour (in the 4Rc area), Port au Choix (4Ra), Centre Bank, Bonne Esperance and La Tabatière (4S - east) as well as towards Johan Beetz Bay(4S – north of Anticosti). According to him, these populations show clear homing in their summer and fall feeding areas. The results presented here, particularly those linked to the sentinel fisheries database, suggest that there is at least four components, or subpopulations, within this stock, which is consistent with Templeman's proposals: a 4S component (Anticosti Island), two components 4Ra (western Newfoundland) and 4Rc (Lower North Shore), and one 3Pn component.

Sous population 4S

La base de données du MPO montre la présence d'une population de morues de part et d'autre de l'île d'Anticosti au cours de l'été, dans la division 4S. Cette population a fait l'objet d'une pêche intense dans les années 1980. D'après les résultats, ces morues migrent soit par le sud de l'île, soit par le nord, mais se retrouvent en hiver

Subpopulation 4S

The DFO database shows the existence of a cod population around Anticosti Island during the summer, in division 4S. This population was heavily fished during the 1980s. According to the results, these cod migrate either by the south of the Island or by the north, but are found in the same area in winter, along the southwest coast of

au même endroit, au niveau de la côte sud-ouest de Terre-Neuve. Les recaptures indiquent que les morues ont maintenu leur fidélité au parcours avec un retour vers le site de marquage l'année suivant leur marquage ce qui suggère l'existence d'une sous-population locale. Les campagnes Sentinelles ont marqué des morues aux mois de novembre et décembre sur les sites d'hivernage au sud de Terre-Neuve mais il n'y a eu aucune recapture entre 1995 et 2003 au niveau de l'ouest de 4S. Certes, il y a peu de pêche dans 4S, mais cette observation laisse à penser que cette sous-population n'existe pratiquement plus, ce qui est appuyé par la chute très importante de la pêche dans la division 4S. Il est difficile d'expliquer cette disparition mais la forte pression de pêche exercée au début des années 1980 reste une hypothèse plausible.

Newfoundland. Recaptures indicate that these cod maintained fidelity to their migratory pattern by returning to the tagging point a year after their tagging, which suggests a local subpopulation. The sentinel campaigns tagged cod in November and December at their wintering sites south of Newfoundland, but there have been no recaptures from 1995 to 2003 in the western part of 4S. Of course, there is little fishing activity in 4S, but this observation lead us to believe that this subpopulation hardly exists any longer, and this is confirmed by the very low fishing activity in division 4S. It is difficult to provide reasons for its disappearance, but the heavy fishing activity in the early 1980s remains a possible assumption.

Il est classiquement considéré que la présence de morues au nord-ouest du Golfe est le résultat d'une expansion du stock 3Pn, 4RS. S'il s'agit plutôt d'une sous-population indépendante, comme l'indique les résultats présentés, sa disparition ne sera donc pas a priori compensée par une éventuelle augmentation des populations présentes dans 4R.

It is traditionally believed that the presence of cod in the northwestern Gulf is the result of an expansion of the 3Pn, 4RS stock. If it is in fact an independent subpopulation, as the current results appear to show, its disappearance would not be offset by an impending increase of the existing populations in 4R.

Sous-populations 4Ra et 4Rc

Les résultats du MAPAQ montrent que le stock du nord du Golfe réside en été au niveau de 4Ra et du détroit de Belle-Isle, puis qu'il migre pour passer l'hiver au sud dans 3Pn, avant de revenir au nord du Golfe à l'été suivant.

Subpopulations 4Ra and 4Rc

MAPAQ results show that the northern Gulf stock lives in the area of 4Ra and of the Strait of Belle Isle in summer, and migrates south to 3Pn to spend the winter, and returns to the northern Gulf the following summer.

Les résultats de la base Sentinelles apportent plus de détails au sein de la structure de ce stock. En effet, comme le montrent les positions géographiques des recaptures issues du marquage de juillet (Fig. 53, 54, 55, 56), deux sous-populations issues du Golfe se démarquent. La sous-population 4Ra effectue une « migration longue » en quittant la zone d'hivernage de 3Pn vers l'aire estivale de la Basse Côte-Nord et de la région du détroit de Belle-île. La sous-population 4Rc quitte la zone 3Pn à la même période mais effectue une « migration courte » et reste durant l'été sur la côte ouest de Terre-Neuve. Les deux sous-populations 4Ra et 4Rc ont donc une aire hivernale similaire mais une aire estivale différente, et de ce fait un parcours migratoire propre à chacune. Les marquages de 4Rb et 4Rd n'ont pas été considérés dans les analyses. Néanmoins, il n'est pas exclu que d'autres sous-

The sentinel fisheries database provides more detail regarding the stock structure. In fact, as indicated by the geographic positioning of the recaptures from the July tagging (Figures 53, 54, 55, 56), two subpopulations from the Gulf come to light. Subpopulation 4Ra undertakes a "long migration" by leaving the 3Pn wintering area and proceeding to the Lower North Shore and Strait of Belle Isle summering area. Subpopulation 4Rc leaves area 3Pn at the same period but undertakes a "short migration" and remains on the west coast of Newfoundland for the summer. Both subpopulations 4Ra and 4Rc have a similar wintering area, but a different summering area, and therefore, a migratory pattern that differs from the other. The 4Rb and 4Rd tagging were not taken into account in the analysis. Nevertheless, it is possible that other subpopulations exist; for instance, a

populations puissent exister, comme par exemple une sous-population migrant en hiver dans 3Pn mais revenant en été exclusivement dans 4Rb

La présence de sous-populations au sein du stock du nord du Golfe pourrait avoir un impact sur la gestion de ce stock. Un pêcheur situé dans la zone 4Rc aurait actuellement accès au poissons de 4Ra et de 4Rc et ce, deux fois par année alors qu'un pêcheur de 4Ra n'a accès qu'au poisson qui effectue les longues migrations vers 4Ra, une seule fois par année (juillet - août). Il pourrait s'avérer intéressant d'essayer d'appliquer non plus un quota global pour le stock du nord du Golfe, mais un quota réparti en plusieurs « sous quotas » adapté à chaque sous-population, après avoir quantifié l'importance des différentes sous-population. Bien sûr, une telle réalisation pourrait s'avérer particulièrement difficile à mettre en place.

Sous population 3Pn

La base de données Sentinelles (Fig. 53, 54, 55, 56), montre que certains poissons marqués dans 3Pn ne migrent pas et semblent résider dans cette zone toute l'année. Les marquages de novembre, avril et mai (Fig. 58 à 64) indiquent que les morues présentent dans 3Pn à ces périodes se scindent en deux groupes, l'un remontant vers le Golfe et l'autre restant dans la région ou se déplaçant dans 3Ps, vers le banc de Burgeo notamment. On peut donc penser qu'il existe une sous-population résidante dans 3Pn.

L'existence d'une population locale restant en été dans 3Pn a déjà été évoquée par Templeman (1979). Des informations anecdotiques provenant des pêcheurs font mention d'une coloration rouge de certaines morues pêchées dans 3Pn, différente des autres morues. Des études effectuées au Labrador (Gosse et Wroblewski, 2004) montrent que certaines morues résidantes, notamment dans la baie de Gilbert, sont également de couleur rouge (du fait d'une alimentation intense en crabe), contrairement aux morues migratrices de couleur plus verdâtre. Même si les morues rouges restent rares dans 3Pn, cette différence de couleur, indiquant un mode de vie différent, viendrait appuyer l'hypothèse d'un stock résidant dans 3Pn.

Les données disponibles ne permettent pas d'évaluer l'importance de cette population résidante par rapport à celle qui migre et revient

subpopulation migrating to 3Pn in winter but returning exclusively to 4Rb in summer.

The presence of subpopulations within the northern Gulf stock could have an impact on stock management. A fisherman located in area 4Rc would actually have access to the 4Ra and 4Rc fish, twice a year no less, while a fisherman from 4Ra would only have access to the fish who undertake long migrations towards 4Ra, once a year (July – August). It might be interesting to establish "sub-quotas" for each subpopulation according to a quantified importance, rather than a general quota for the entire northern Gulf stock. Of course, such a measure would be quite difficult to implement.

Subpopulation 3Pn

The sentinel fisheries database (Figures 53, 54, 55, 56) shows that certain fish that were tagged in 3Pn don't migrate and appear to reside in this area throughout the year. The November, April and May tagging (Figures 58 to 64) indicate that the cod found in 3Pn during these periods are spilt up in two groups, one moving towards the Gulf and the other remaining in the area or moving towards 3Ps, particularly towards the Burgeo Bank. Thus, there is probably a resident subpopulation in 3Pn.

The presence of a local population remaining in 3Pn during the summer has already been noted by Templeman (1979). Fishermen have reported certain anecdotal information such as some of the cod landed in 3Pn had red coloring, which was different from other cod. Studies conducted in Labrador (Gosse and Wroblewski, 2004) show that some resident cod, particularly in Gilbert Bay, were also red in colour (because of heavy crab feeding), contrary to migrating cod, which are more greenish in colour. Although red cod are rare in 3Pn, this colour difference, indicative of a different lifestyle, would support the resident stock hypothesis for 3Pn.

The available data doesn't allow us to assess the significance of this resident population compared with the migrating population that returns to the

chaque année dans le Golfe. De plus, l'interprétation des recaptures issues d'un marquage dans 3Pn reste approximative pour définir si un poisson est résidant ou migrateur. Certains poissons migrateurs peuvent être déjà dans 3Pn au mois de septembre, et y rester jusqu'à la fin du mois de mai ou du début du mois de juin. De ce fait, un poisson marqué dans 3Pn l'hiver et recapturé dans 3Pn en juin n'est pas nécessairement un poisson résidant. De même, certains poissons marqués dans 3Pn ont été recapturés dans 3Ps, notamment au niveau du banc de Burgeo en hiver, une observation déjà décrite par Lear (1988). Il n'est donc pas impossible d'envisager une migration courte entre 3Pn et 3Ps. Dans ce cas, il serait peut-être préférable de parler d'une sous-population 3Pn,3Ps côtière. Une estimation grossière de la taille de cette population peut toutefois être tentée. En partant du principe que tous les poissons marqués dans 3Pn et recapturés dans cette même division au mois de juillet et d'août sont des poissons résidants, le taux de recapture indiquerait qu'environ 10% des poissons du stock du nord du Golfe sont résidants dans 3Pn. Les prises par unité d'effort réalisées dans 3Pn tout au long de l'année (Fig. 67) montrent que le plus bas niveau est atteint en juillet, et que le maximum est atteint en novembre. Les prises de juillet pourraient ne provenir qu'exclusivement de poissons appartenant à la sous-population résidente, et le rapport entre ces prises et les prises totales de novembre pourraient en indiquer la proportion relative. D'après ces chiffres, les prises de juillet correspondraient à 25% des prises totales. La proportion de la sous-population de 3Pn pourrait donc se situer entre 10 et 25% de l'ensemble du stock. Il est toutefois possible que les différences de l'effort de pêche entre les zones et les mois biaisent ces résultats. Cette fourchette doit donc être considérée comme une première approximation.

Gulf each year. Furthermore, recapture interpretations of 3Pn tagging are still estimates as to whether a fish is resident or migratory. Certain migratory fish might already be in 3Pn in September, and simply stay there until late May or early June. Therefore, a fish tagged in 3Pn and recaptured in 3Pn in June is not necessarily a resident fish. Also, certain fish tagged in 3Pn were recaptured in 3Ps, in particular on the Burgeo Bank during the winter, an observation previously described by Lear (1988). It is not impossible then to consider a short migration between 3Pn and 3Ps. In that case, it might be better to talk about a coastal subpopulation 3Pn, 3Ps. A gross estimate of this population size could be made. Starting with the notion that all the fish that were tagged and recaptured in 3Pn in July and August are resident fish, the recapture rate would indicate that approximately 10% of the fish from the northern Gulf stock are resident in 3Pn. The catch per unit of effort made in 3Pn throughout the year (Figure 67) shows that the lowest level was reached in July, and that the maximum was reached in November. The July catches may exclusively be made up of fish from the resident subpopulation, and the link between these catches and the total catches from November could indicate the relative proportion. According to these numbers, the July catches would represent 25% of the total. The proportion of the 3Pn subpopulation could then be between 10 and 25% of the total stock. It is still possible however that the differences in fishing effort between areas and months skew the results. This fork must therefore be regarded as an initial estimate.

L'existence d'une sous-population locale peut poser un problème de gestion. En effet, les TAC sont basés sur l'abondance globale du stock donc ici sur l'ensemble du stock 3Pn, 4RS. La pêche d'été dans 3Pn concernerait simplement une composante locale de ce stock, la sous-population 3Pn, qui est alors directement touchée. Cette sous-population pourrait être affaiblie et donc fragilisée plus rapidement. L'existence d'un quota unique pour l'ensemble du

The presence of a local subpopulation might represent a management issue. In fact, the TACs are based on the general abundance of the stocks, in our case on the entire 3Pn, 4RS stock. Summer fishing activity in 3Pn would only concern a local component of this stock, the 3Pn subpopulation, which is therefore directly affected. This subpopulation could be weakened and diluted more rapidly. A quota for the entire northern Gulf should thus be re-evaluated.

nord du Golfe pourrait alors être remis en question.

Des sous-populations sont connues dans différents stocks de l'Atlantique ouest. Ames (2004) et Smedbol et Wroblewski (2000) observent que les différentes sous-populations correspondent à des lieux et des moments de fraie différents, ou à une différenciation génétique ou morphométrique. Dans l'étude présentée ici, seul un parcours migratoire légèrement différent aboutissant à une aire estivale propre, ne permet de différencier efficacement les sous-populations. Il serait donc intéressant de réaliser des travaux d'analyse génétique et morphométrique pour vérifier les hypothèses sur les différentes sous-populations du nord du Golfe.

4.5. Mélanges entre stocks

Les mélanges entre stocks récemment décrits semblent ici se confirmer. Le mélange entre les stocks 3Pn, 4RS et 2J, 3KL a déjà été mis en évidence par Gascon et *al* (1990). Les résultats du MAPAQ comme ceux du MPO confirment la forte possibilité de mélange au niveau du détroit de Belle-Isle en été. Néanmoins, il est important de prendre en compte que les marquages du MPO ont été réalisés à la limite entre 3Pn, 4RS et 2J, 3KL, et il est donc possible que certains poissons marqués appartenaient au stock 2J, 3KL.

Le deuxième mélange confirmé ici est celui qui peut se produire entre les stocks 3Pn, 4RS et 3Ps. Il s'agit là d'un enjeu de gestion capital, étant donné que le total de capture admissible (TAC) est beaucoup plus important pour 3Ps (15 000 tonnes en 2004) que pour 3Pn, 4RS (3 500 tonnes en 2004). Le stock 3Pn, 4RS étant en très mauvais état, le fait qu'il puisse être exploité au niveau de 3Ps pourrait compromettre un éventuel rétablissement. Ce mélange a récemment fait l'objet d'un atelier en 2000 sous la direction de G. Chouinard, ainsi que d'une publication de Bérubé et Fréchet (2001) et de Brattey et Healey (2004). De même, des mélanges entre les stocks 3Ps et 2J, 3KL ont déjà été décrits (Brattey et *al*, 1999). Il est important de noter que ce mélange entre 3Pn, 4RS et 3Ps est apparemment récent, puisqu'il ne semblait pas exister précédemment, et les résultats de marquage du MAPAQ et du MPO ne le mettaient pas en évidence. La base de données issue des pêches Sentinelles montre

There are subpopulations in various western Atlantic stocks that have already been identified. Ames (2004) and Smedbol and Wroblewski (2000) observed that the different subpopulations correspond to two locations and different spawning periods, or to a genetic or morphometric differentiation. In the current study, only a slightly different migratory pattern leading to a suitable summering area can effectively help differentiate subpopulations. It would therefore be interesting to conduct genetic and morphometric analysis work to verify the hypotheses regarding northern Gulf subpopulations.

4.5. Mixing of stocks

The mixing of stocks, as described recently, appears to be substantiated. The mixing of the 3Pn, 4RS stock and the 2J, 3KL stock has already been described by Gascon et *al*. (1990). The MAPAQ results, as well as those from DFO, confirm the strong possibility of mixing in the Strait of Belle Isle area during the summer. Nevertheless, it is important to consider the fact that the DFO tagging was conducted at the boundary between 3Pn, 4RS and 2J, 3KL, and it is therefore possible that some of the fish that were tagged belonged to the 2J, 3KL stock.

The second confirmed mixing is the one occurring between the 3Pn, 4RS stock and the 3Ps stock. This is a critical management issue, seeing as the total allowable catches (TAC) is far higher for 3Ps (15,000 tons in 2004) than for 3Pn, 4RS (3,500 tons in 2004). The 3Pn, 4RS stock is in a severe condition, and the fact that it could be exploited through 3Ps could jeopardize a possible recovery. This mixing was recently the subject of a workshop in 2000 under the direction of G. Chouinard, as well as the subject of a publication by Bérubé and Fréchet (2001) and by Brattey and Healey (2004). Mixing between 3Ps stock and 2J, 3KL stock has also been described (Brattey et *al*., 1999). It is important to note that this mixing between 3Pn, 4RS and 3Ps is apparently recent, since it didn't seem to exist previously, and the MAPAQ and DFO tagging results didn't highlight it. The sentinel fisheries database shows several recaptures in 3Ps, including the sub-units further east, 3Psb and 3Psc. It would be interesting to link these

plusieurs recaptures dans 3Ps, y compris dans les sous-unités plus à l'est, 3Psb et 3Psc. Il serait intéressant de mettre en relation ces recaptures avec l'effort de pêche correspondant afin de quantifier ce mélange.

recaptures to the related fishing effort in order to quantify the mixing.

Le mélange avec le stock 3Ps a déjà été pris en compte dans la gestion, puisque les sous-unités 3Psa et 3Psd sont désormais fermées à la pêche du 15 novembre au 15 avril. Néanmoins, si ce mélange doit s'avérer plus important, il serait peut-être préférable d'étendre cette fermeture hivernale à plus de zones de la division 3Ps.

The mixing with the 3Ps stock has already been addressed in management measures as sub-units 3Psa and 3Psd are no longer open for fishing from November 15 to April 15. Nevertheless, should this mixing be more significant, closing more areas of division 3Ps to winter fishing might be required.

4.6. Migration côtière

Selon les résultats présentés, les morues se trouvent en eaux moins profondes l'été, majoritairement entre 0 et 50 mètres. Puis, dès le mois de septembre, l'amplitude de profondeurs est plus grande, les morues se retrouvent à plus grandes profondeurs. Les mois d'hiver sont ceux où la morue est localisée à plus grande profondeur, puisqu'on observe qu'elle se situe alors entre 150 et 400 mètres environ. La morue semble rester dans les couches profondes jusqu'au mois de mai, et c'est vraiment à partir du mois de juin qu'elle fréquente à nouveau les eaux côtières. Ces résultats sont tout à fait en accord avec ceux décrits par Templeman (1979) et Taggart (1997).

4.6. Coastal migration

According to the results presented, cod are found in shallow waters during the summer, mostly between 0 and 50 metres. Then, as early as September, the amplitude of depths is greater and cod are found at lower depths. Winter months are when cod are found at the greatest depths, between 150 and 400 metres approximately. Cod appear to remain in the lower depths until May, and only starting in June do they really begin to return to coastal waters. These results are consistent with the Templeman (1979) and Taggart (1997) results.

Connaître la profondeur à laquelle se trouve la morue au cours de l'année présente une certaine importance. L'évaluation du stock de morue du nord du Golfe s'appuie essentiellement sur les relevés de pêche réalisés par des navires de recherche qui ne peuvent travailler qu'au-delà de 20 brasses, 91 m de profondeur. De ce fait les poissons se trouvant à une profondeur inférieure ne sont pas comptabilisés. En été, 25% des recaptures ont été effectuées à moins de 20 brasses. La proportion de morues non accessible aux relevés peut donc être importante mais varie au cours de l'année (Fig. 68). Les relevés des pêches sentinelles aux engins fixes, qui sont réalisés en zone côtière, peuvent combler cette lacune.

Knowing the depth where cod are found throughout the year has certain significance. Northern Gulf cod stock assessments rely essentially on the fishery surveys conducted by research vessels that can only work beyond 20 fathoms, or 91 m deep. Therefore, fish that are found at lower depths aren't accounted for. During the summer, 25% of recaptures were made at fewer than 20 fathoms. The proportion of cod that aren't accessible for measurement is therefore significant and varies throughout the year (Figure 68). The sentinel fisheries fixed gear surveys conducted in coastal areas may compensate for this gap.

5. BILAN

La carte bilan (Fig. 69) récapitule les différents mouvements observés au cours de cette étude. Le stock 3Pn, 4RS apparaît comme une structure complexe, au sein de laquelle on retrouve au moins quatre sous-populations. Elles se distinguent par des patrons migratoires différents et des aires estivales particulières, mais toutes se mélangent en hiver dans la même région géographique, au sud de Terre-Neuve. D'autres mélanges sont également présents, au niveau du détroit de Belle-Isle entre la sous-population 4Ra et les morues du stock 2J, 3KL, ainsi qu'au niveau du sud de Terre-Neuve, où les morues des sous-populations 4Ra, 4Rc et 3Pn se mélangent avec les morues du stock 3Ps. La sous-population 3Pn semble être locale, sans mouvement migratoire vers le Golfe, avec des possibilités de déplacement vers 3Ps. Enfin, il est important de noter que la sous-population de l'île d'Anticosti est aujourd'hui possiblement disparue.

5. SUMMARY

The summary map (Figure 69) summarizes the various movements observed during this study. The 3Pn, 4RS stock appears as a complex structure in which are found at least four subpopulations. It stands out by its different migratory patterns and distinct summering areas, but they all mix in winter in the same geographic area, south of Newfoundland. There are other mixings as well, in the area of the Strait of Belle Isle between subpopulation 4Ra and cod from the 2J, 3KL stock, as well as in the area south of Newfoundland, where cod from subpopulations 4Ra, 4Rc and 3Pn mix with cod from the 3Ps stock. The 3Pn subpopulation appears to be local, showing no migratory movement towards the Gulf, but with movement possibilities towards 3Ps. Finally, it is important to note that the Anticosti Island subpopulation could now be gone.

RÉFÉRENCES / REFERENCES

Ames, E.P., 2004. Atlantic Cod Stock Structure in the Gulf of Maine. Fisheries research feature. Vol. 29. no 1.

Brattey, J., Lawson, G., Rose, G., 1999. Seasonal migration patterns of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in NAFO subdivision 3Ps based on tagging experiments during 1997-98. CSAS Res. Doc. 99/37.

Brattey, J., Healey, B., 2004. An exploratory analysis of the northern Gulf (3Pn4RS) Atlantic cod (*Gadus morhua*) tagging database. CSAS Res. Doc. 2004/004

Bérubé, M., Fréchet, A., 2001. Sommaire du programme de marquage des pêches sentinelles du nord du Golfe avec une emphase sur les re-captures provenant des unités de gestion voisines. SCCS Res. Doc. 2001/002.

Campana, S.E., Chouinard, G.A., Hanson, J.M., Fréchet, A., 1999. Mixing and migration of overwintering Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks near the mouth of the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56 : 1873 – 1881.

Castonguay, M., Rollet, C., Fréchet, A., Gagnon, P., Gilbert, D., Brêthes, J-C., 1999. Distribution changes of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in the northern Gulf of St Lawrence in relation to an oceanic cooling. ICES Journal of Marine Science, 56 : 333 – 344.

Chouinard, G.A., Fréchet, A., 1994. Fluctuations in the cod stocks of the Gulf of St Lawrence. ICES mar. Sci. Symp. 198 : 121 – 139.

Chouinard, G.A., 2000. Report on the Cod Mixing Workshop. CSAS Proceeding Series 2000/27.

Comeau. L.A., Camapana, S.E., Castoguay, M., 2002. Automated monitoring of a large-scale cod (*Gadus morhua*) migration in the open sea. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59 : 1845 – 1850.

DFO, 2004. The Northern Gulf of St. Lawrence (3Pn, 4RS) cod in 2003. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Stock Status Rep. 2004/019.

Fréchet, A., 1990. Catchability variations of cod in the marginal ice zone. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47 : 1678 – 1683.

Gascon, D., Aparicio, M., Mercille, B., 1990. Estimations du mélange entre les stocks de morue du Nord du Golfe de Saint-Laurent (Divisions 3Pn4RS) et les stocks adjacents (2J3KL, 3Ps, et 4TVn [Janvier-Avril]) à partir de résultats de marquage. CSCPCA Doc. Rech 90/61, 25p.

Gascon, D., Castonguay, M., Fréchet, A., Bourassa, L., 1997 Homing in Cod (*Gadus morhua* L.) : Tagging in the Gulf of St. Lawrence 1983 – 1996. CSAS Report.

Gosse, K.R., Wroblewski, J.S., 2004. Variant colourations of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Newfoudland and Labrador nearshore waters. ICES Journal of Marine Science, 61 : 752 – 759.

Lear, W.H., 1984. Results of Tagging of Atlantic cod on St. Pierre Bank during February. NAFO Scr Doc. No. 25. Serial No. N806.

Lear, W.H., 1988. Migrations of Atlantic cod of NAFO Division 3Ps. NAFO Scr Doc. No. 73. Serial No. N1516, 8p.

Minet, J.P., 1976. Migration of cod between the northern Gulf of St. Lawrence and the southwestern banks of Newfoundland. ICNAF Res. Doc. 76/VI/74.

Méthot, R., Castonguay, M., Lambert, Y., Audet, C., and Campana, S. 2005 Spatio-temporal distribution and stock mixing of Atlantic cod from the northern Gulf of St.Lawrence and southern Newfoundland stocks on Burgeo Bank as revealed by maturity and trace elements of otoliths. J. Northest Atl. Fish. Sci. 36 In press.

Moguedet, P., 1994. Cod (*Gadus morhua*) Migrations in the Gulf of St. Lawrence and Areas South of Newfoundland. NAFO Sci. Coun. Studies, 22 : 71 – 84.

Rose, G.A., deYoung, B., Colbourne, E., 1994. Tracking cod migration on the NE Newfoundland shelf: 40 days at sea in 1992. ICES CM. 8p.

Sinclair, A., Gagnon, P., Fréchet, A., 1991. Seasonal distribution of cod in the northern Gulf of St. Lawrence. CAFSAC Res. Doc. 91/37, 19 p.

Smedbol, R.K., Wroblewski, J.S., 2000. Metapopulation theory and northern cod population structure: interdependency of subpopulations in recovery of a groundfish population. Canadian Stock Assessment Secretariat. Res. Doc. 2000/087.

Templeman, W., 1979. Migration and Intermingling of Stocks of Atlantic Cod, Gadus morhua, of the Newfoundland and Adjacent Areas from Tagging in 1962-1966. ICNAF Res. Bull., 14 : 5 – 50.

Videler, J.J., 1993. Fish Swimming. Chapman & Hall, London. 260p.

Winger, P.D., Pingguo, H., Stephen, J.W., 2000. Factors affecting the swimming endurance and catchability of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57 : 1200 – 1207.

Tableau 1 : Périodes de marquage des trois bases de données
Tableau 1 *: Tagging periods of the three databases*

	MAPAQ (1983 - 1985)	MPO / *DFO* (1983 - 1986)	Sentinelles / *Sentinel* (1995 - 2003)
janvier / *January*	/	/	/
février / *February*	/	/	2
mars / *March*	/	/	/
avril / *April*	/	/	66
mai / *May*	/	27	218
juin / *June*	49	206	122
juillet / *July*	858	32	176
août / *August*	/	/	110
septembre / *September*	/	100	76
octobre / *October*	/	/	198
novembre / *November*	/	/	159
décembre / *December*	/	/	33

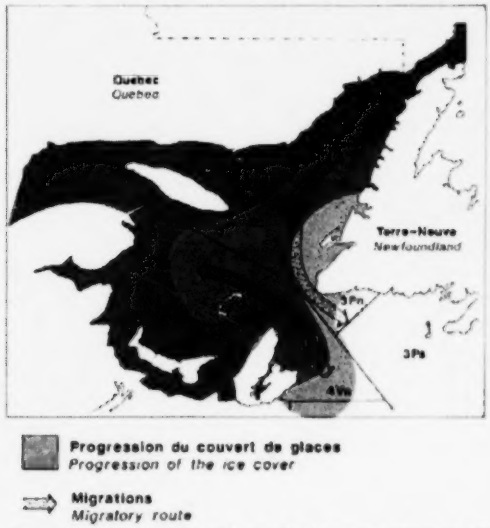


Fig. 1 : Parcours généraux de migration des morues du stock du golfe du Saint-Laurent (Fréchet, 1990)
Fig. 1 *: General migration patterns of cod from the Saint-Lawrence Gulf stocks (Fréchet, 1990)*

Tableau 1 Périodes de marquage des trois bases de données
Tableau 1 *Tagging periods of the three databases*

	MAPAQ (1983 - 1985)	MPO / *DFO* (1983 - 1986)	Sentinelles / *Sentinel* (1995 - 2003)
janvier / *January*	/	/	/
février / *February*	/	/	2
mars / *March*	/	/	/
avril / *April*	/	/	66
mai / *May*	/	27	218
juin / *June*	49	206	122
juillet / *July*	858	32	176
août / *August*	/	/	110
septembre / *September*	/	100	76
octobre / *October*	/	/	198
novembre / *November*	/	/	159
décembre / *December*	/	/	33

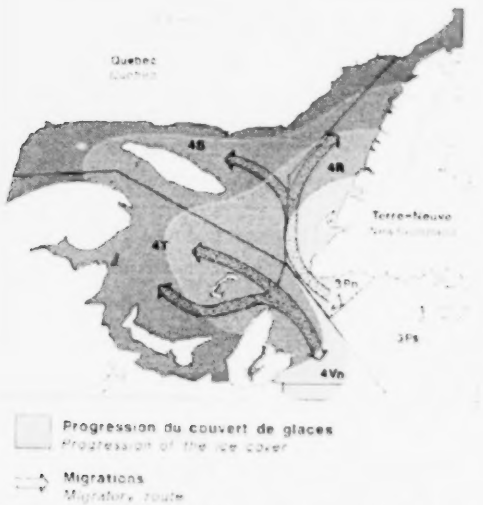


Fig. 1 Parcours généraux de migration des morues du stock du golfe du Saint-Laurent (Frechet, 1990)
Fig. 1 *General migration patterns of cod from the Saint-Lawrence Gulf stocks (Frechet, 1990)*

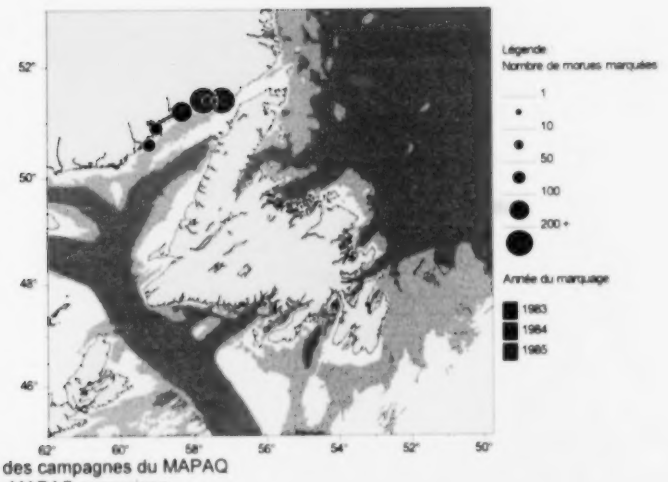


Fig. 2 : Zones de marquage des campagnes du MAPAQ
Fig. 2 : *Tagging areas of the MAPAQ campaigns*

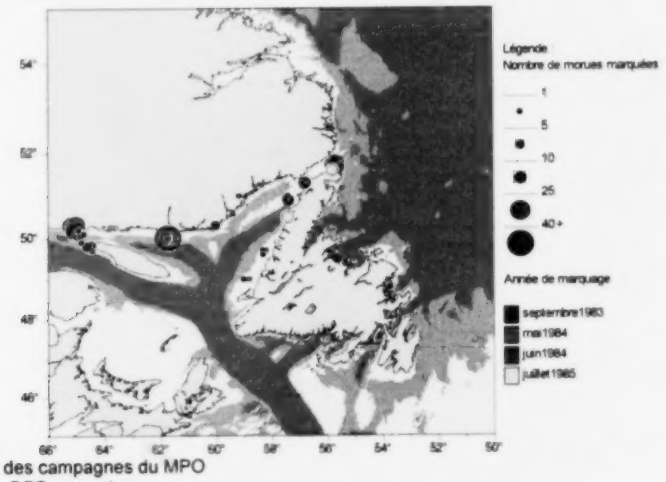


Fig. 3 : Zones de marquage des campagnes du MPO
Fig. 3 : *Tagging areas of the DFO campaigns*

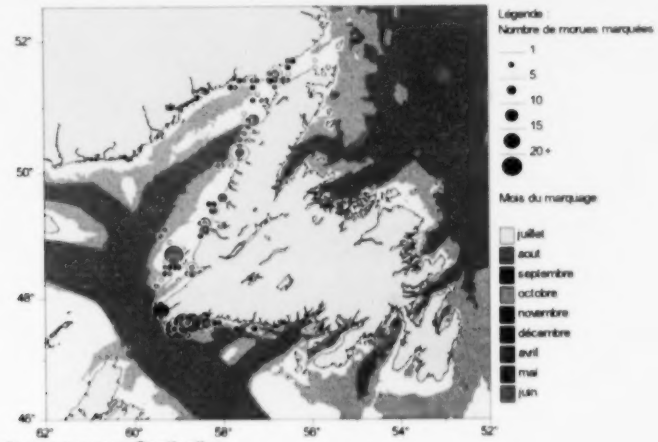


Fig. 4 : Zones de marquage des campagnes Sentinelles
Fig. 4 : *Tagging areas of the Sentinel campaigns*

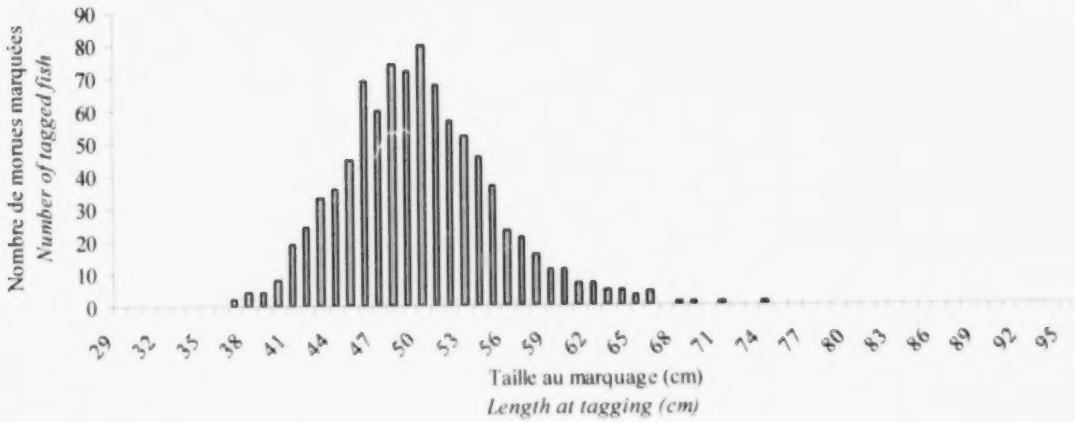


Fig. 5 : Taille au marquage (base de données du MAPAQ)
Fig. 5 : *Length at tagging (MAPAQ database)*

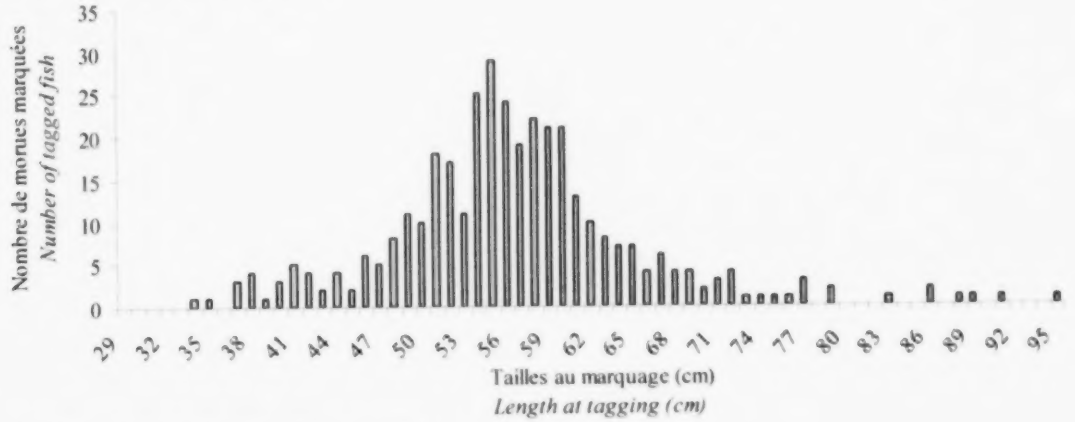


Fig. 6 : Taille au marquage (base de données du MPO)
Fig. 6 : *Length at tagging (DFO database)*

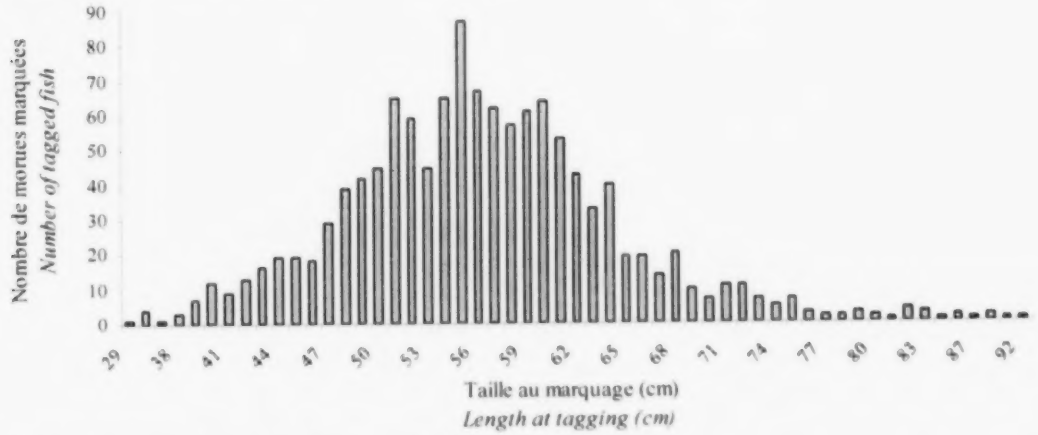


Fig. 7 : Taille au marquage (base de données Sentinelles)
Fig. 7 : *Length at tagging (Sentinel database)*

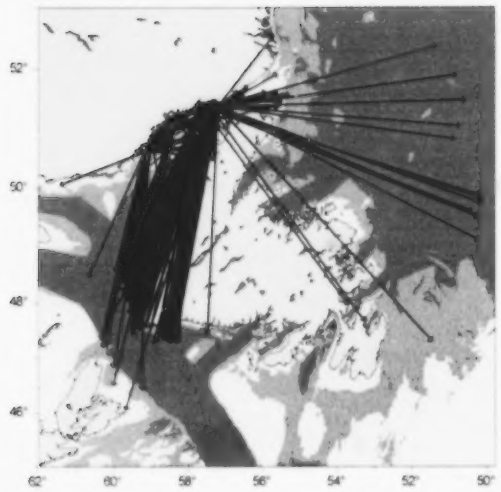


Fig 8 : Corridors généraux de migration - MAPAQ
Fig. 8 : *General migration corridors - MAPAQ*

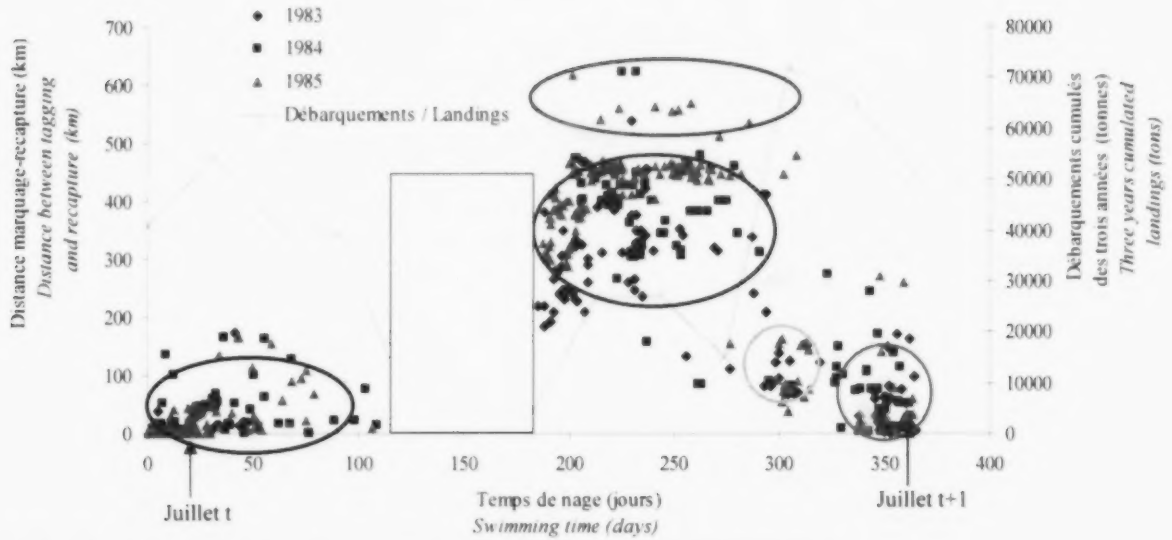


Fig. 9: Evolution de la distance minimale parcourue en fonction du temps de nage (marquage MAPAQ)
Légende :
Cercle bleu : premiers mois, peu de mouvements
Rectangle : période sans pêche
Cercle rouge : pêche d'hiver, beaucoup de poissons sont migré
Cercle violet : poissons sortis du stock
Cercle vert clair : poissons recapturés à une distance intermédiaire
Cercle vert foncé : poissons recapturés au niveau près aire de marquage

Fig. 9 : *Evolution of the shortest covered distance depending on time (MAPAQ tagging)*
Legend :
Blue circle : first months after tagging, few movements
Square: no fishing activity
Red circle : winter fishing, many fish have migrated
Purple circle : migration out of the stock
Pale green circle : fish recaptured at a middle distance form tagging area
Dark green circle : fish recaptured near the tagging area

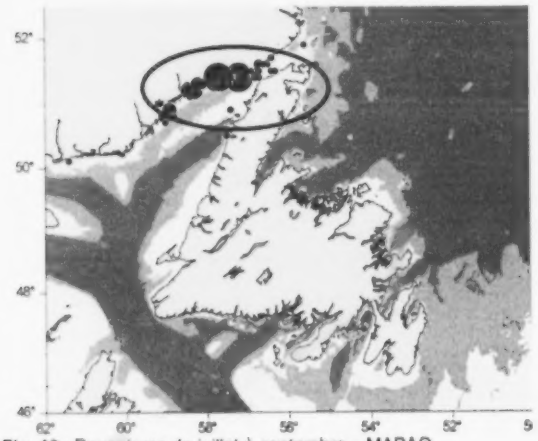


Fig. 10 : Recaptures de juillet à septembre – MAPAQ
Fig. 10 : *Recaptures from July to September - MAPAQ*

Fig. 11 : Recaptures de janvier à avril – MAPAQ
Fig. 11 : *Recaptures from january to April – MAPAQ*

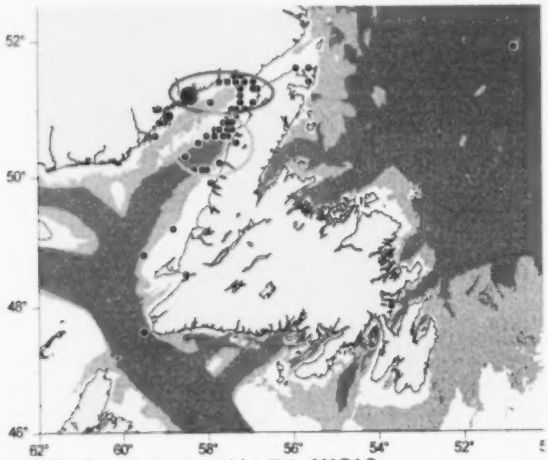
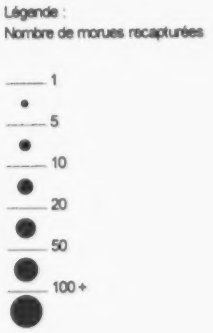


Fig. 12 : Recaptures de mai à juillet - MAPAQ
Fig. 12 : *Recaptures from May to July – MAPAQ*



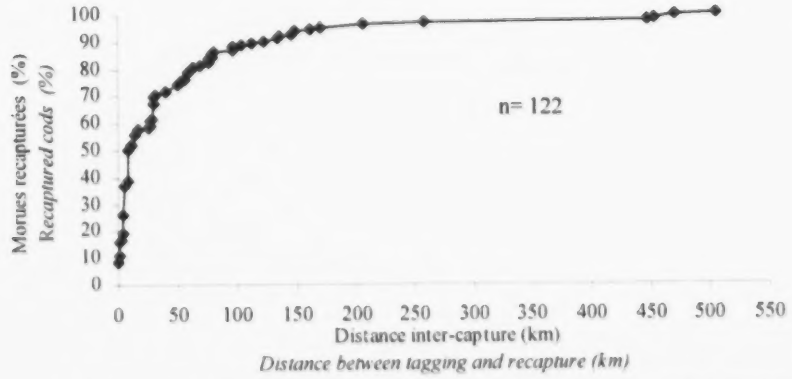


Fig. 13 : Pourcentage de morues recapturées un an après le marquage (± 15 jours) en fonction de la distance par rapport au marquage - MAPAQ
Fig. 13 : *Pourcentage of cods recaptured one year after tagging* (± 15 days) depending on the distance from the tagging site – MAPAQ

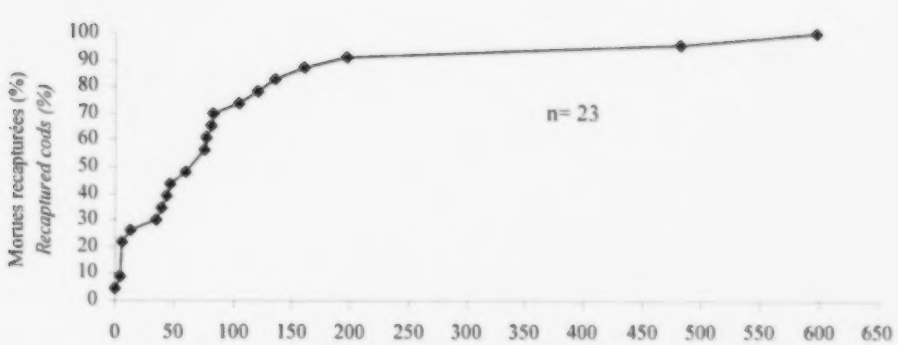


Fig. 14 : Pourcentage de morues recapturées deux ans après le marquage (± 15 jours) en fonction de la distance par rapport au marquage - MAPAQ
Fig. 14 : *Pourcentage of cods recaptured two years after tagging* (± 15 days) depending on the distance from the tagging site – MAPAQ

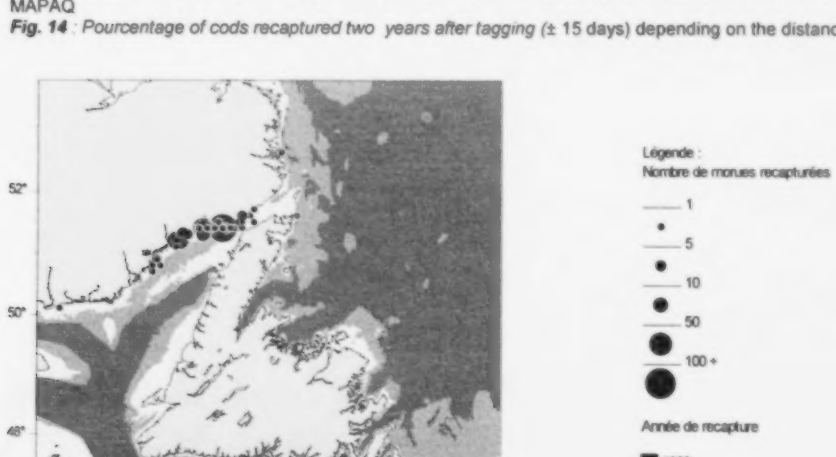


Fig. 15 : Recaptures de juillet à août – MAPAQ
Fig. 15 : *Recaptures from July to August – MAPAQ*

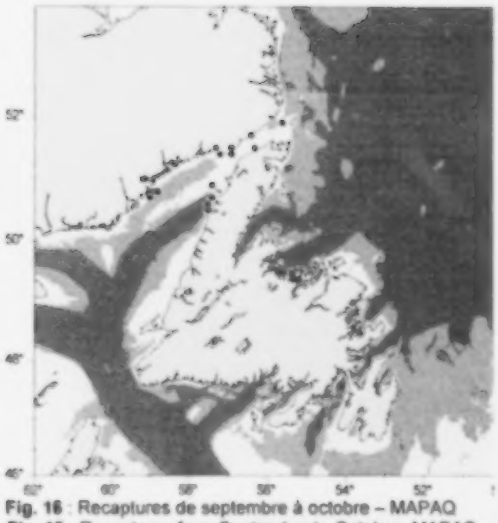


Fig. 16 : Recaptures de septembre à octobre – MAPAQ
Fig. 16 : *Recaptures from September to October- MAPAQ*

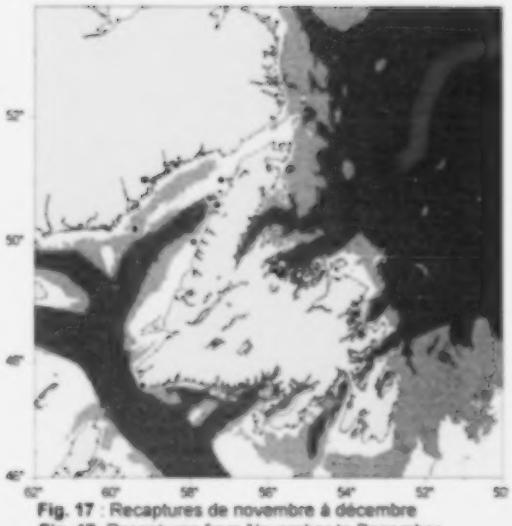


Fig. 17 : Recaptures de novembre à décembre
Fig. 17 : *Recaptures from November to December*

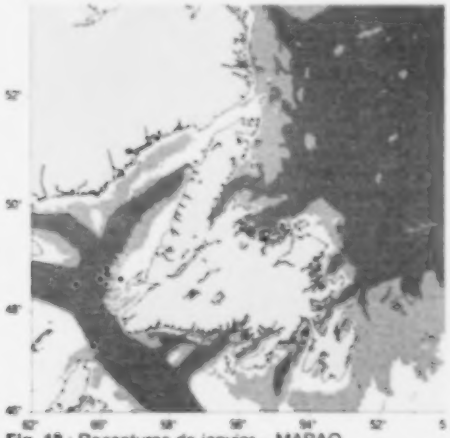


Fig. 18 : Recaptures de janvier – MAPAQ
Fig. 18 : *Recaptures of January - MAPAQ*

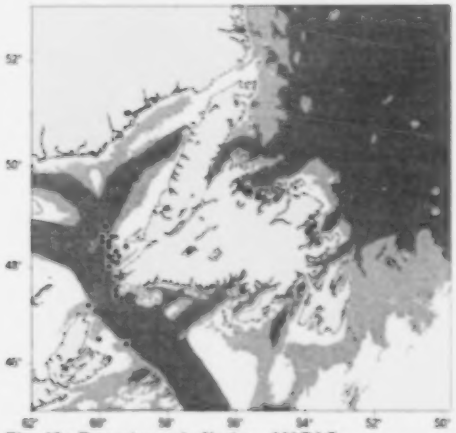


Fig. 19 : Recaptures de février – MAPAQ
Fig. 19 : *Recaptures of February - MAPAQ*

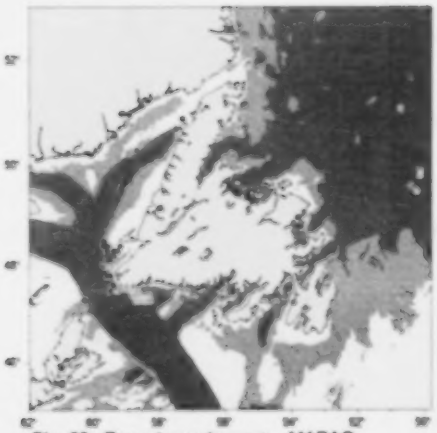


Fig. 20 : Recaptures de mars – MAPAQ
Fig. 20 : *Recaptures of March – MAPAQ*

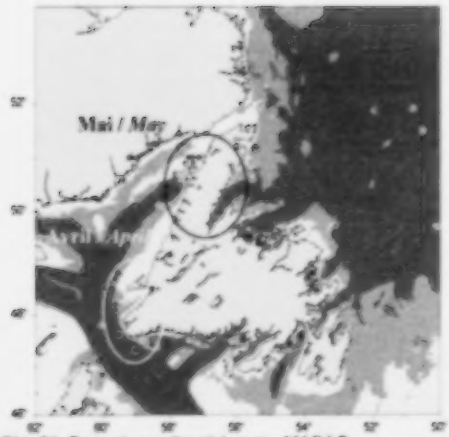


Fig. 21 : Recaptures d'avril à mai – MAPAQ
Fig. 21 : *Recaptures from April to May - MAPAQ*

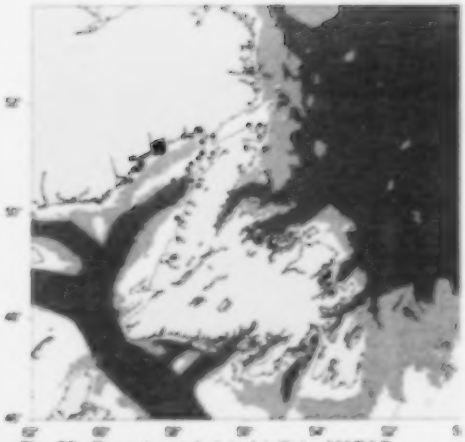


Fig. 22 : Recaptures de juin à juillet – MAPAQ
Fig. 22 : *Recaptures from June to July – MAPAQ*

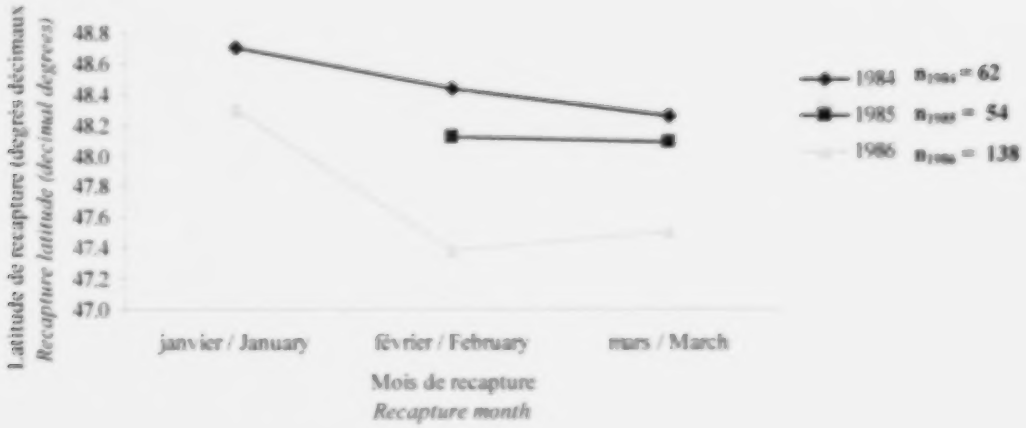


Fig. 23 : Latitude de recapture au mois de janvier, février et mars (médiane) - MAPAQ
Fig. 23 : *Recapture latitude of January, February and March (median) – MAPAQ*

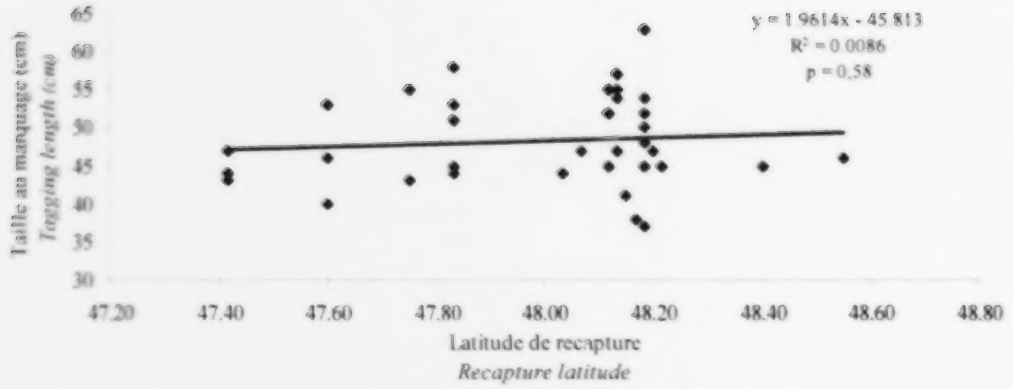


Fig. 24 : Latitude de recapture au mois de février 1985 en fonction de la taille au marquage - MAPAQ
Fig. 24 *Recapture latitude on February 1985 depending on the tagging length- MAPAQ*

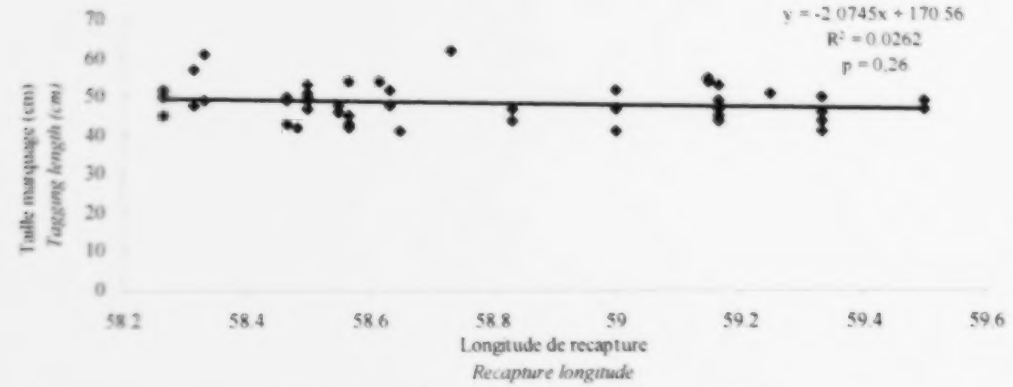


Fig. 25 : Longitude de recapture au mois de février 1986 en fonction de la taille au marquage - MAPAQ
Fig. 25 *Recapture longitude on February 1986 depending on the tagging length- MAPAQ*

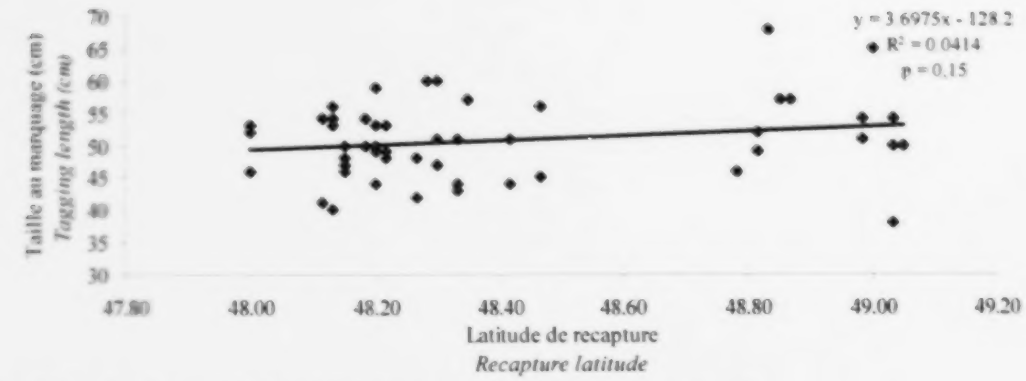


Fig. 26 : Latitude de recapture au mois de janvier 1986 en fonction de la taille au marquage - MAPAQ
Fig. 26 *Recapture latitude on January 1986 related to fish length- MAPAQ*

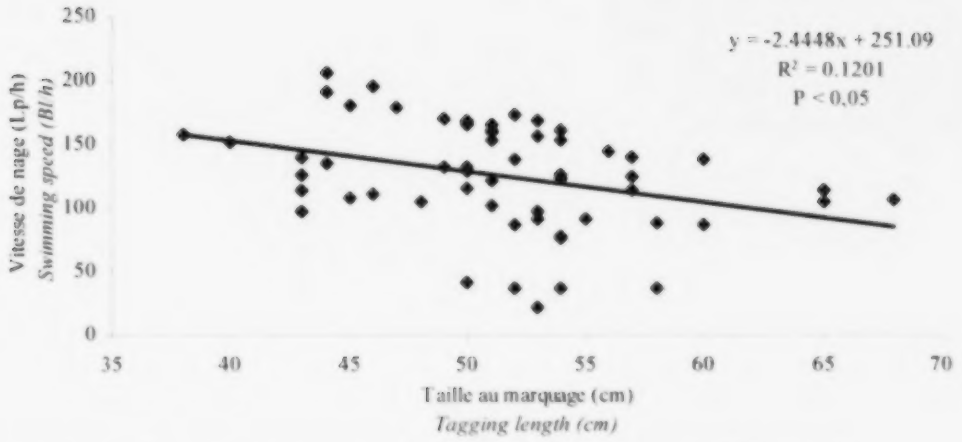


Fig. 27 : Vitesse de nage longueurs de poissons par heure (Lp/h) en fonction de la taille du poisson au marquage
Fig. 27 : *Swimming speed body length per hour (Bl/h) related to fish length*

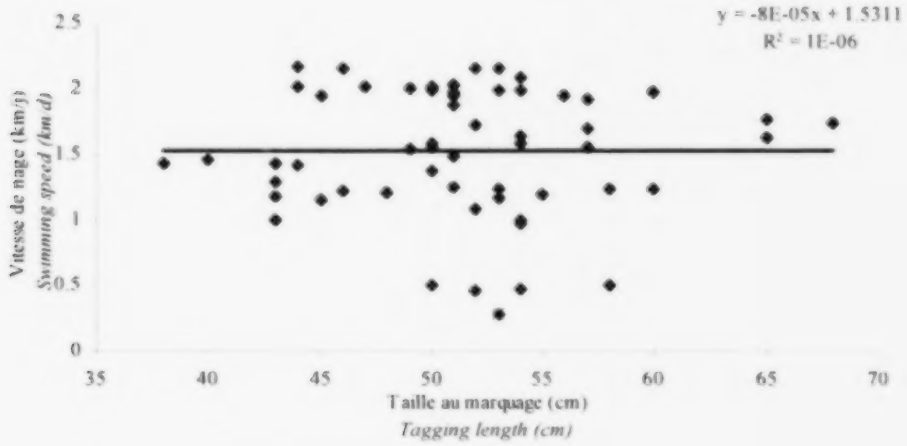


Fig. 28 : Vitesse de nage (km/j) en fonction de la taille du poisson au marquage
Fig. 28 : *Swimming speed (km/d) related to fish length*

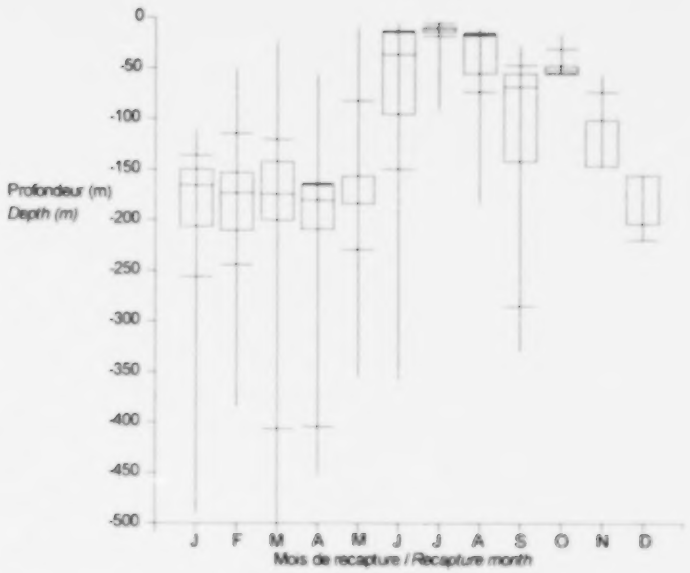


Fig. 29 : Profondeur de recapture en fonction du mois de recapture – MAPAQ
Fig. 29 : *Recapture depth related to the month of recapture – MAPAQ*

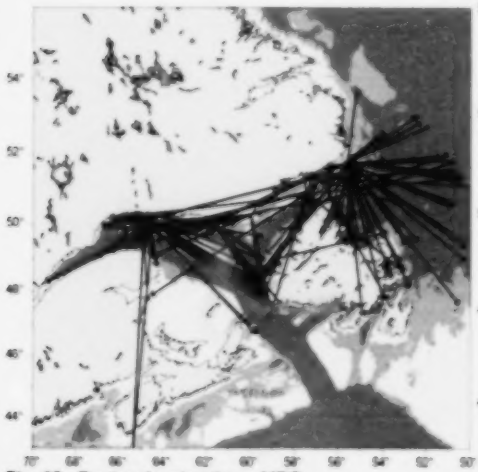


Fig. 30 : Routes de migration – MPO
Fig. 30 : *Migration routes – DFO*

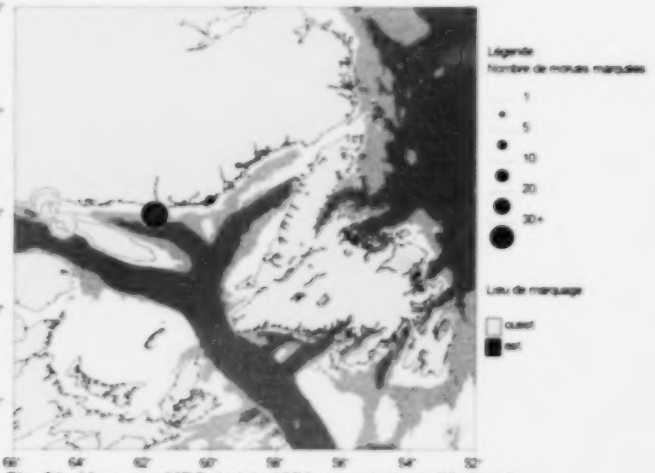


Fig. 31 : Marquage MPO de juin 1984 – ouest et est d'Anticosti
Fig. 31 : *DFO tagging of june 1984 – west and east of Anticosti*

Lieu de marquage / *Tagging area*

● Est / *East*

○ Ouest / *West*

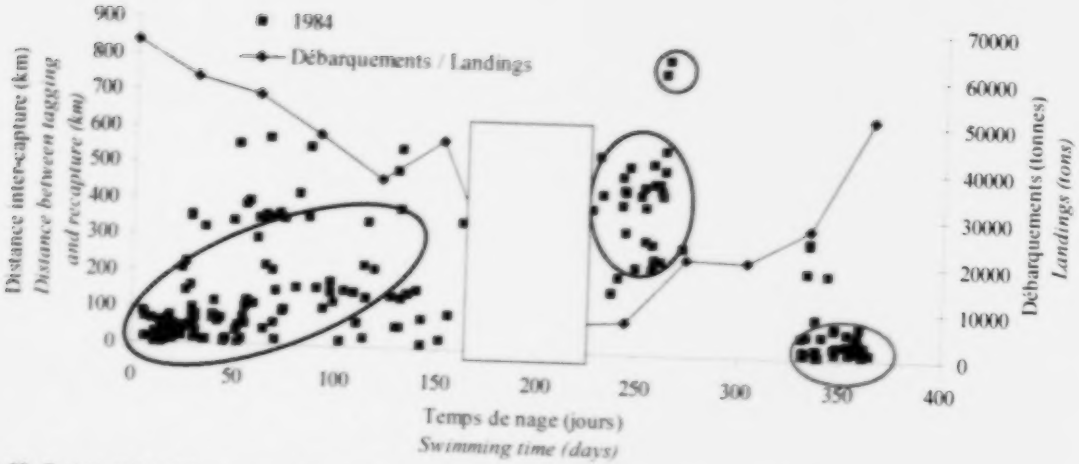


Fig. 32 : Evolution de la distance minimale parcourue en fonction du temps de nage – marquage MPO de juin
Légende :
Cercle bleu : premiers mois, peu de mouvements
Rectangle : période sans pêche
Cercle rouge : pêche d'hiver, beaucoup de poissons sont migré
Cercle violet : poissons sortis du stock
Cercle vert : poissons recapturés au niveau près aire de marquage

Fig. 32 *Trend of the shortest covered distance as a function of time (June DFO tagging)*
Legend :
Blue circle : first months after tagging, few movements
Square: no fishing activity
Red circle : winter fishing, many fish have migrated
Purple circle : migration out of the stock
Green circle : fish recaptured near the tagging area

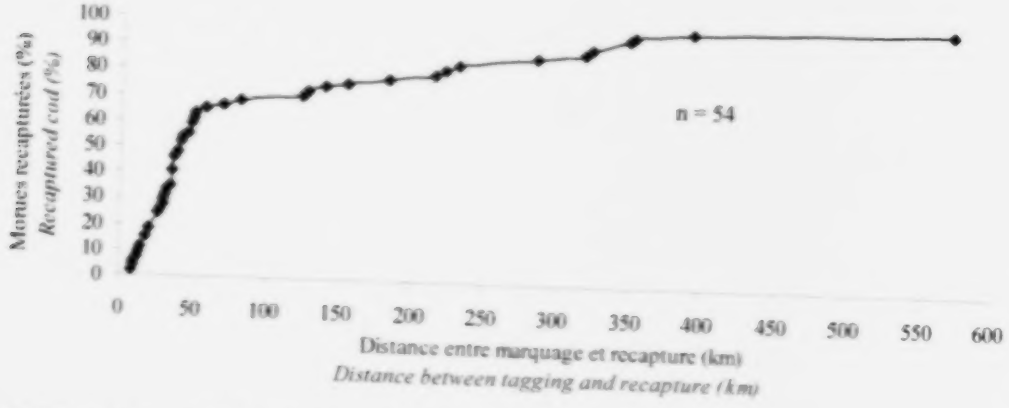


Fig. 33 : Pourcentage de morues recapturées un an après le marquage (± 15 jours) en fonction de la distance par rapport au marquage - MPO
Fig. 33 *Pourcentage of cods recaptured one year after tagging* (± 15 days) related to the distance from the tagging site - *DFO*

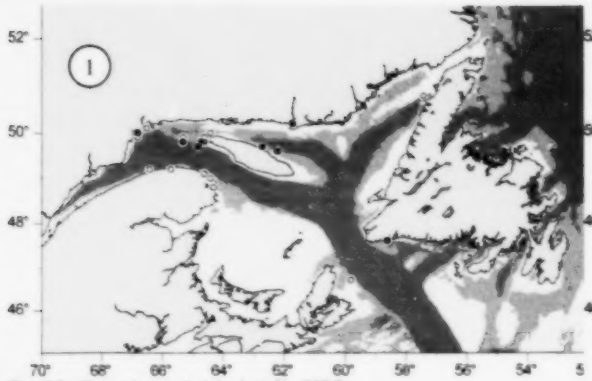


Fig. 34 : Recaptures de juin à août - MPO
Fig. 34 : *Recaptures from June to August - DFO*

Fig. 35 : Recaptures de Septembre à Novembre - MPO
Fig. 35 : *Recaptures from September to November - DFO*

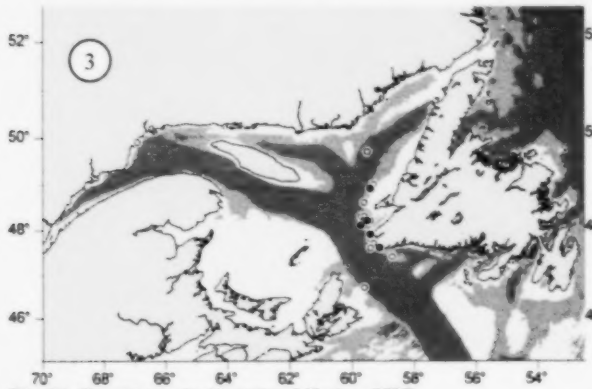


Fig. 36 : Recaptures de décembre à février - MPO
Fig. 36 : *Recaptures from December to February – DFO*

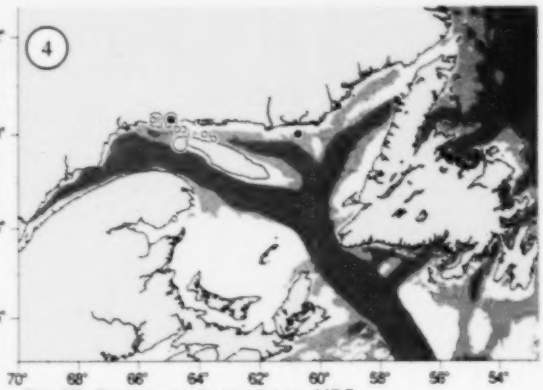


Fig. 37 : Recaptures de mai à juin - MPO
Fig. 37 : *Recaptures from May to June - DFO*

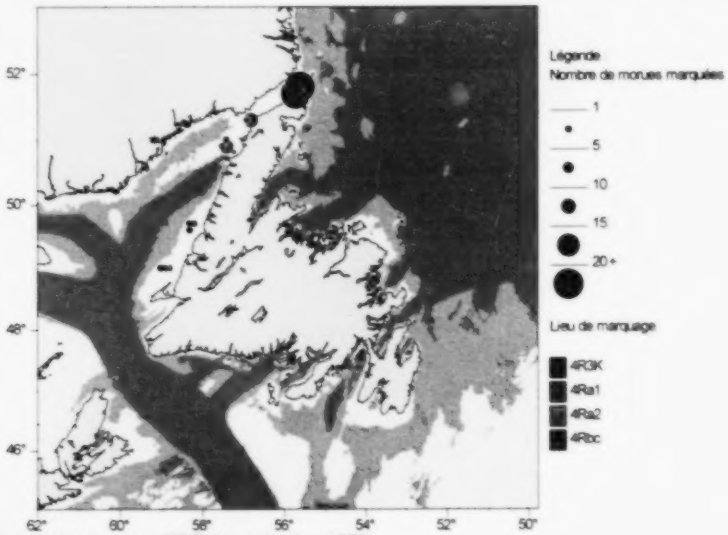


Fig. 38 : Sites de marquage de la campagne MPO de septembre 1983
Fig. 38 : *DFO campaigns tagging sites of September 1983*

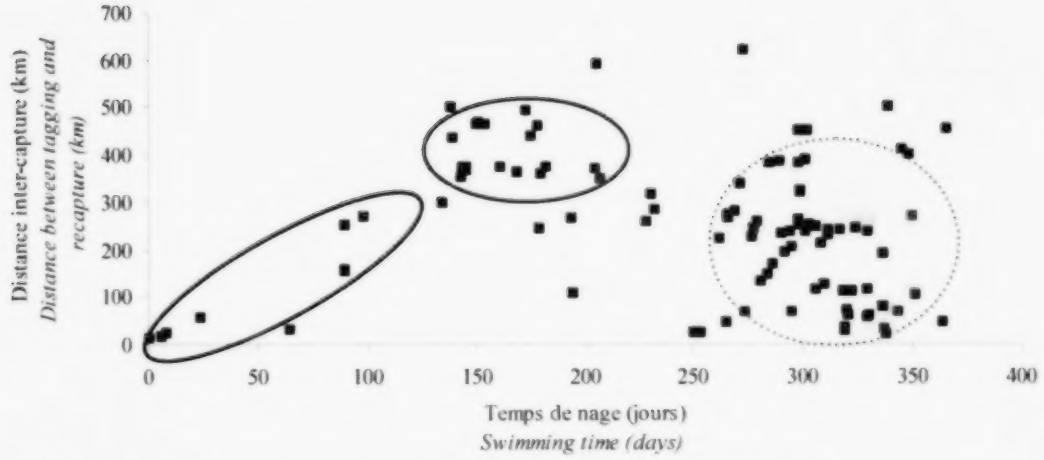


Fig. 39: Evolution de la distance minimale parcourue en fonction du temps de nage (MPO - septembre)

Légende :
Cercle bleu : premiers mois, peu de mouvements
Cercle rouge : pêche d'hiver, beaucoup de poissons sont migré
Cercle vert en pointillés : poissons recapturés un an après - forte dispersion

Fig. 39 *: Trend of the shortest covered distance as a function of time (DFO - September)*

Legend :
Blue circle : first months after tagging, few movements
Red circle : winter fishing, many fish have migrated
Dotted green circle : fish recaptured one year later – large scatter

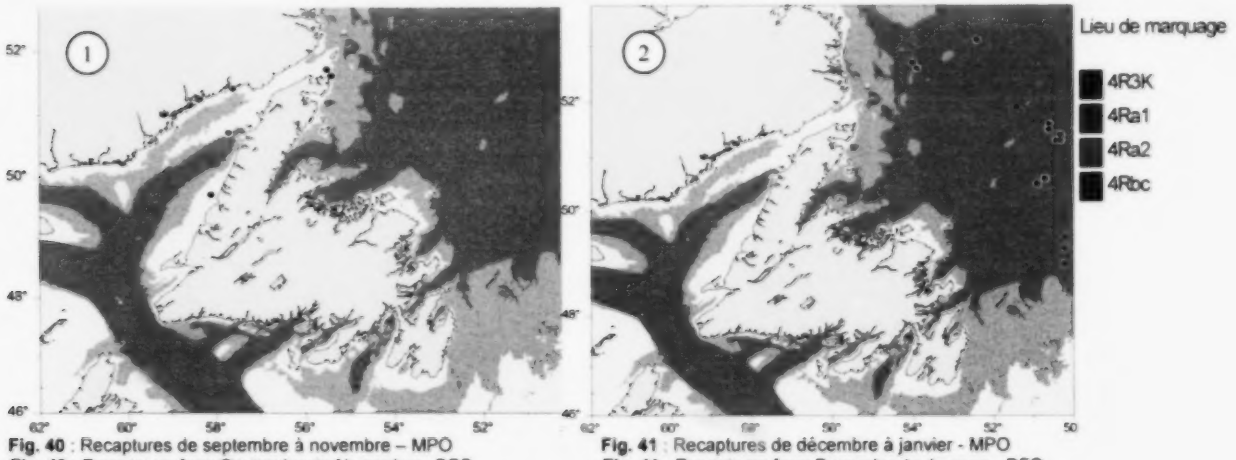


Fig. 40 : Recaptures de septembre à novembre – MPO
Fig. 40 *: Recaptures from September to November –DFO*

Fig. 41 : Recaptures de décembre à janvier - MPO
Fig. 41 *: Recaptures from December to January - DFO*

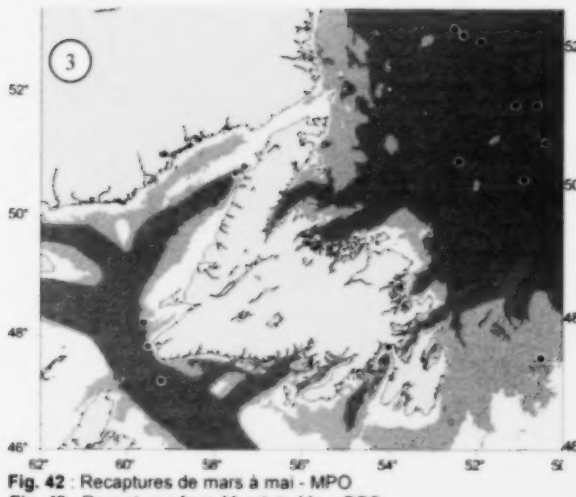


Fig. 42 : Recaptures de mars à mai - MPO
Fig. 42 : *Recaptures from March to May -DFO*

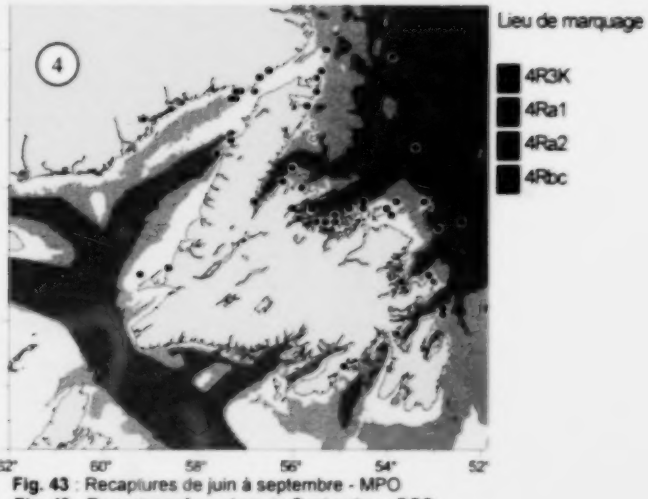


Fig. 43 : Recaptures de juin à septembre - MPO
Fig. 43 : *Recaptures from June to September - DFO*

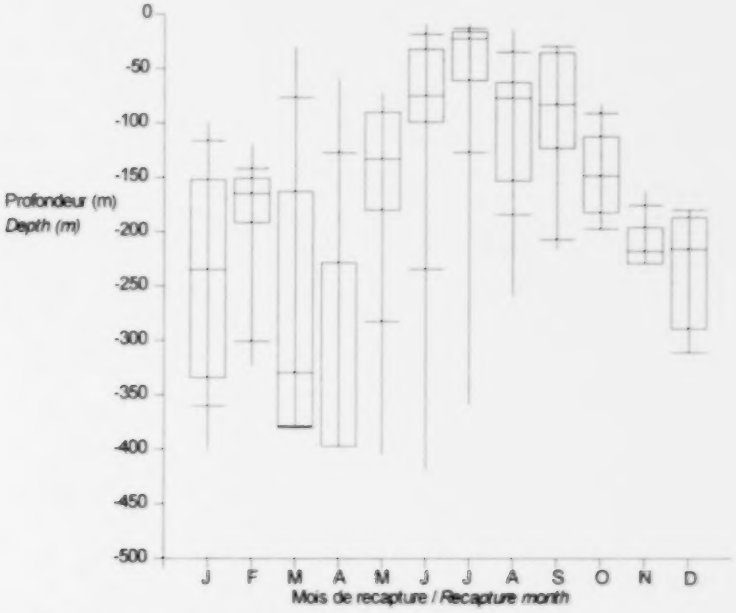


Fig. 44 : Profondeur de recapture en fonction du mois de recapture – MPO
Fig. 44 : *Recapture depth related to the month of recapture – DFO*

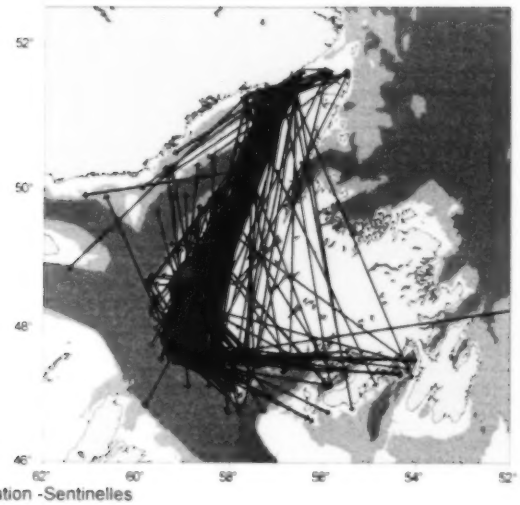


Fig. 45 Corridors généraux de migration -Sentinelles
Fig. 45 *General migration corridors - Sentinel*

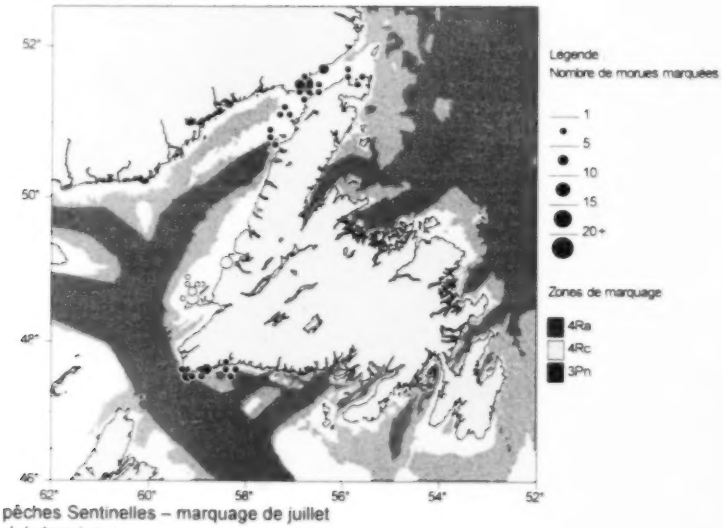


Fig. 46 Sites de marquage des pêches Sentinelles – marquage de juillet
Fig. 46 *Sentinel tagging sites – July tagging*

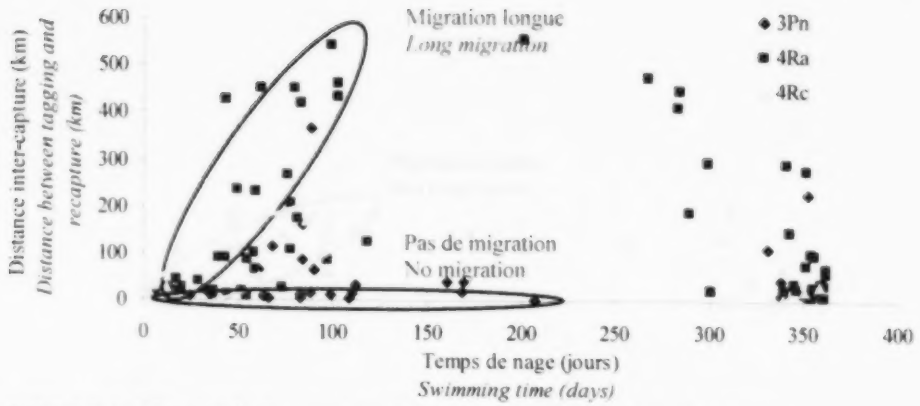


Fig. 47 : Evolution de la distance minimale parcourue en fonction du temps de nage (Sentinelle - Juillet)
Fig. 47 : *Trend of the shortest covered distance as a function of time (Sentinel - July)*

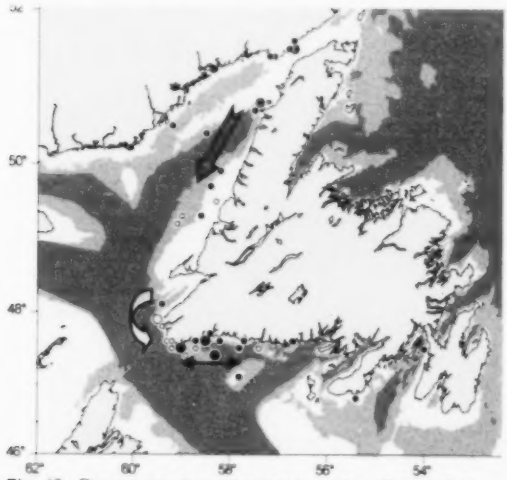


Fig. 48 : Recaptures de septembre à octobre (Sentinelles)
Fig. 48 : *Recaptures from September to October (Sentinel)*

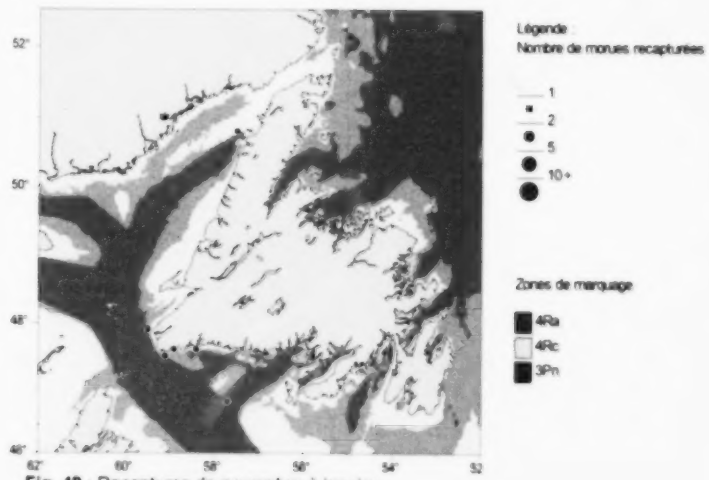


Fig. 49 : Recaptures de novembre à janvier
Fig. 49 : *Recaptures from November to January*

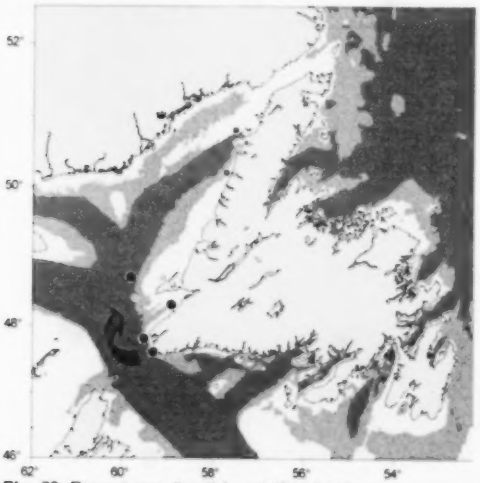


Fig. 50 : Recaptures d'avril à mai (Sentinelles)
Fig. 50 : *Recaptures from April to Mai (Sentinel)*

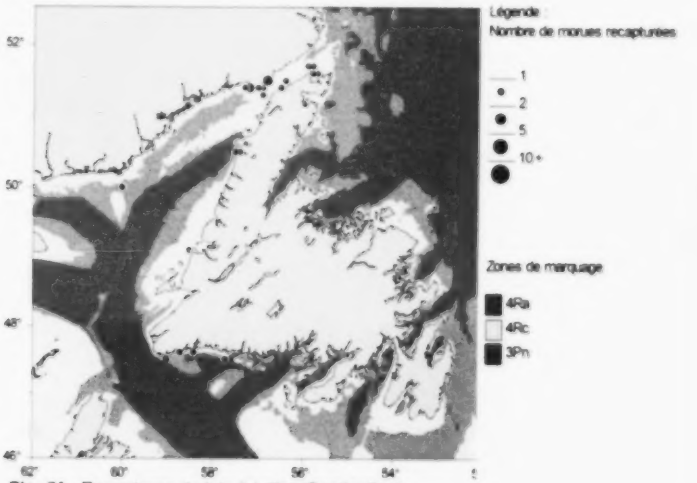


Fig. 51 : Recaptures de juin à juillet (Sentinelles)
Fig. 51 : *Recaptures from June to July (Sentinel)*

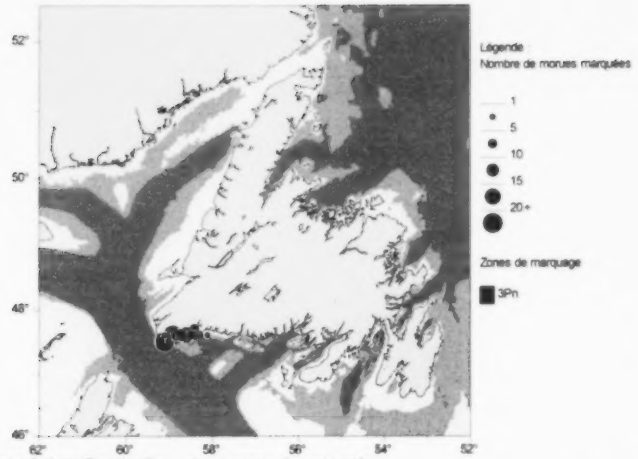


Fig. 52 : Sites de marquage des pêches Sentinelles – marquage de novembre
Fig. 52 : *Sentinel tagging sites – November tagging*

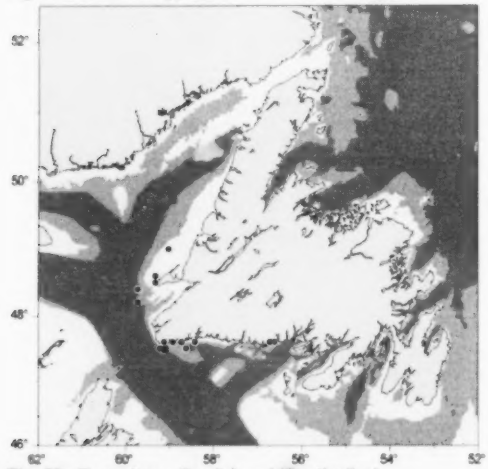


Fig. 53 : Recaptures d'avril à mai (Sentinelles)
Fig. 53 : *Recaptures from April to May (Sentinel)*

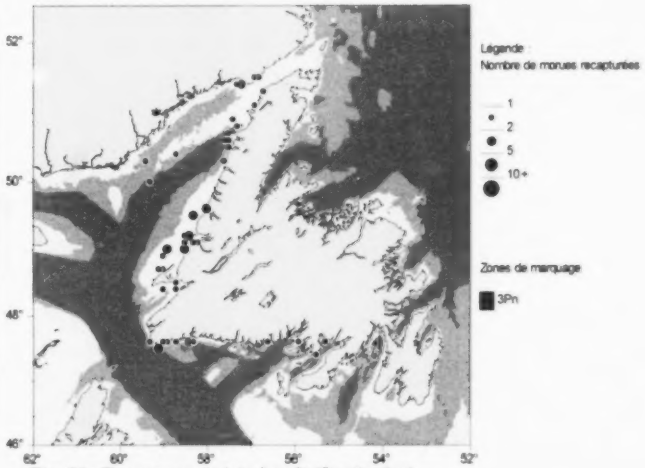


Fig. 54 : Recaptures de juin à août (Sentinelles)
Fig. 54 : *Recaptures from June to August (Sentinel)*

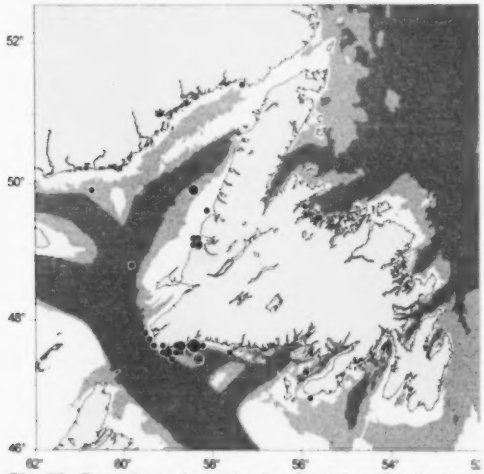


Fig. 55 : Recaptures de septembre à octobre (Sentinelles)
Fig. 55 : *Recaptures from September to October (Sentinel)*

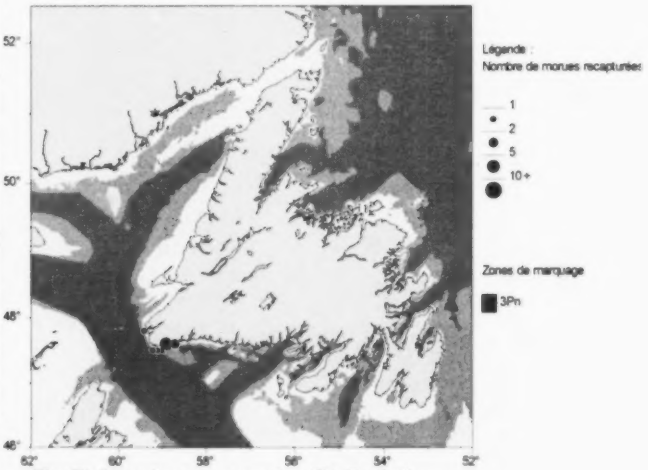


Fig. 56: Recaptures de novembre (Sentinelles)
Fig. 56 : *Recaptures of November (Sentinel)*

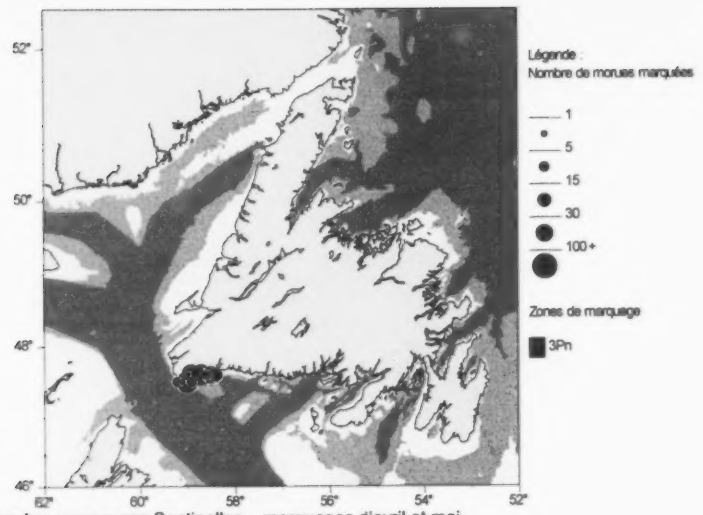


Fig. 57 : Sites de marquage des campagnes Sentinelles – marquages d'avril et mai
Fig. 57 : *Sentinel tagging sites – April and May taggings*

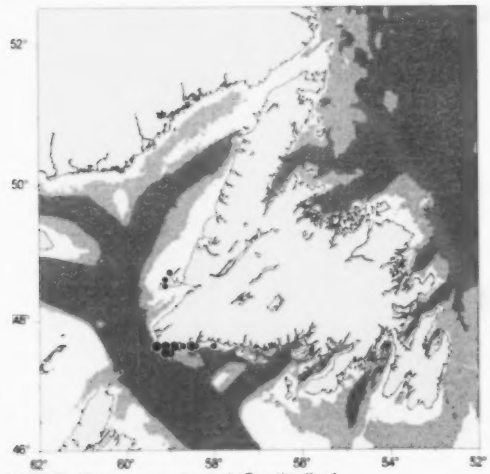


Fig. 58 : Recaptures de mai (Sentinelles)
Fig. 58 : *Recaptures of May (Sentinel)*

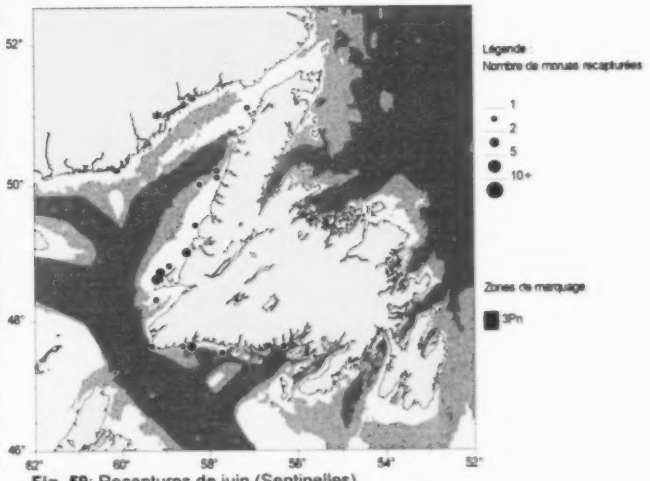


Fig. 59: Recaptures de juin (Sentinelles)
Fig. 59 : *Recaptures of June (Sentinel)*

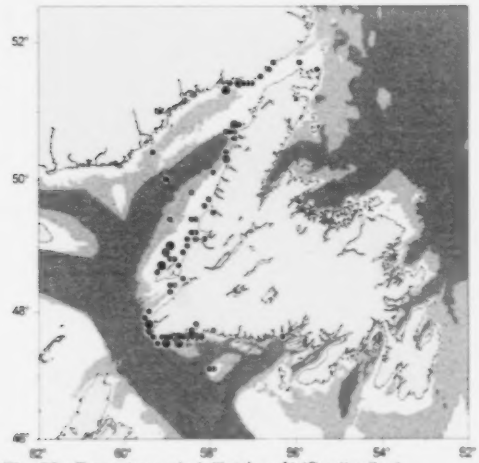


Fig. 60 : Recaptures de juillet à août (Sentinelles)
Fig. 60 : *Recaptures from July to August (Sentinel)*

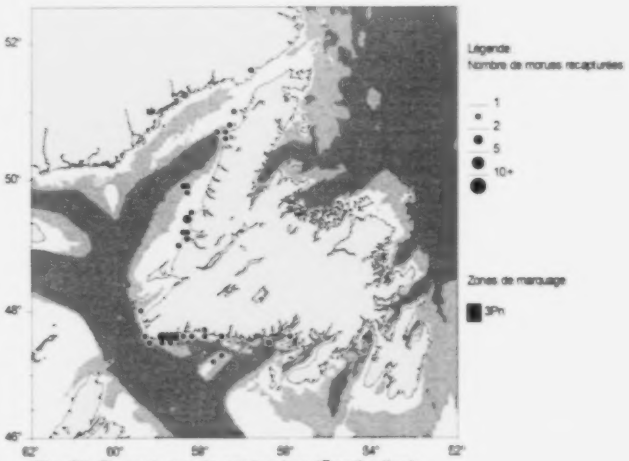


Fig. 61: Recaptures de septembre (Sentinelles)
Fig. 61 : *Recaptures of September (Sentinel)*

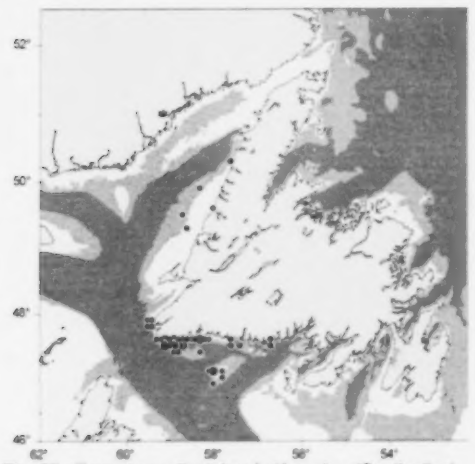


Fig. 62 : Recaptures d'octobre à décembre (Sentinelles)
Fig. 62 : *Recaptures from October to December (Sentinel)*

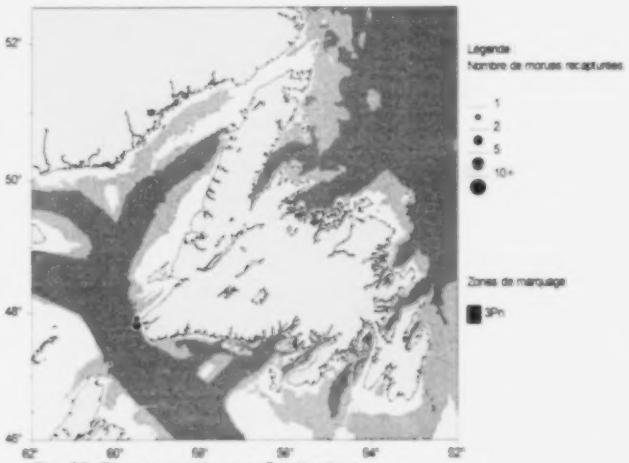


Fig. 63: Recaptures de mai (Sentinelles)
Fig. 63 : *Recaptures of May (Sentinel)*

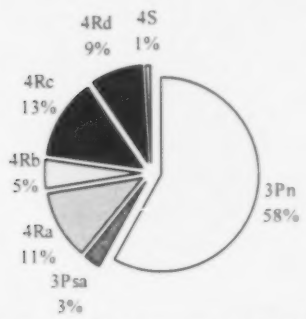


Fig. 64 : Origine des morues recapturées dans 3Ps
Fig. 64 : *Origin of the cod recaptured in 3Ps*

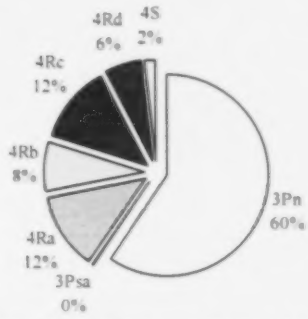


Fig.65 : Répartition par sous-divisions des marquages Sentinelles
Fig. 65 : *Distribution per unit area of Sentinel taggings*

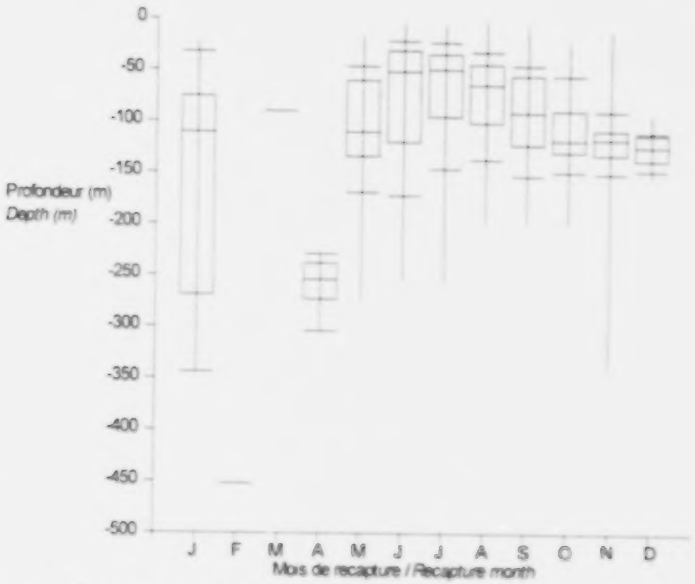


Fig. 66 : Profondeur de recapture en fonction du mois de recapture – campagnes Sentinelles
Fig. 66 : *Recapture depth related to the month of recapture – Sentinel campaigns*

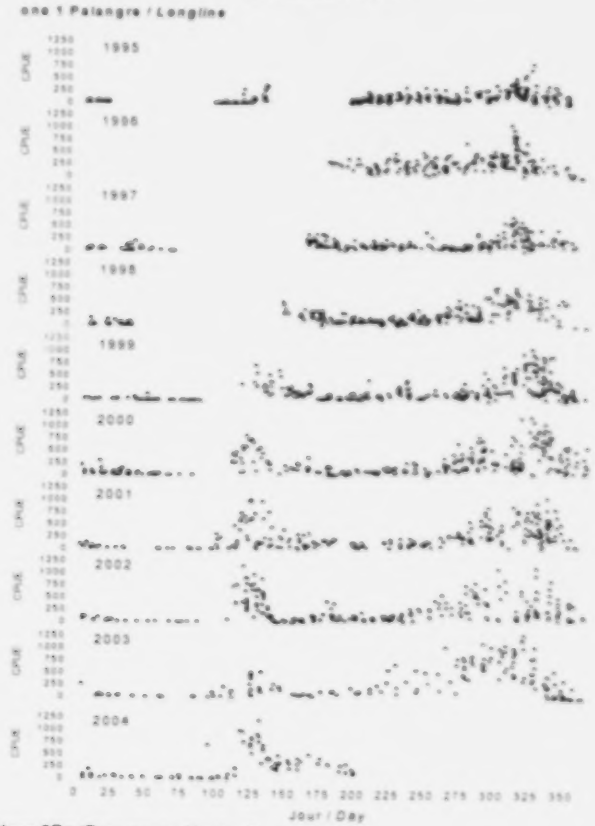


Fig. 67 : Prises par unité d'effort dans 3Pn (Programme Sentinelles – palangre)
Fig. 67 : *3Pn Catch per unit effort (Sentinel program – longline)*

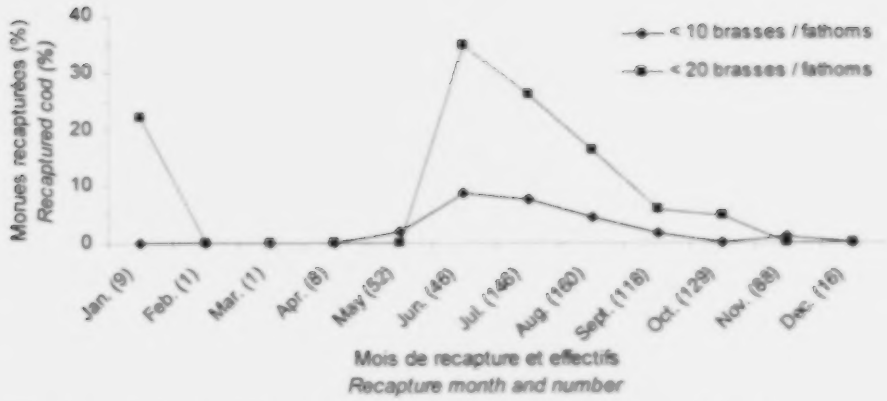


Fig. 68 : Pourcentage de recaptures à moins de 10 et 20 brasses au cours de l'année – Données Sentinelles
Fig. 68 : *Pourcentage of recapture at less than 10 and 20 fathoms during the years – Sentinel data*

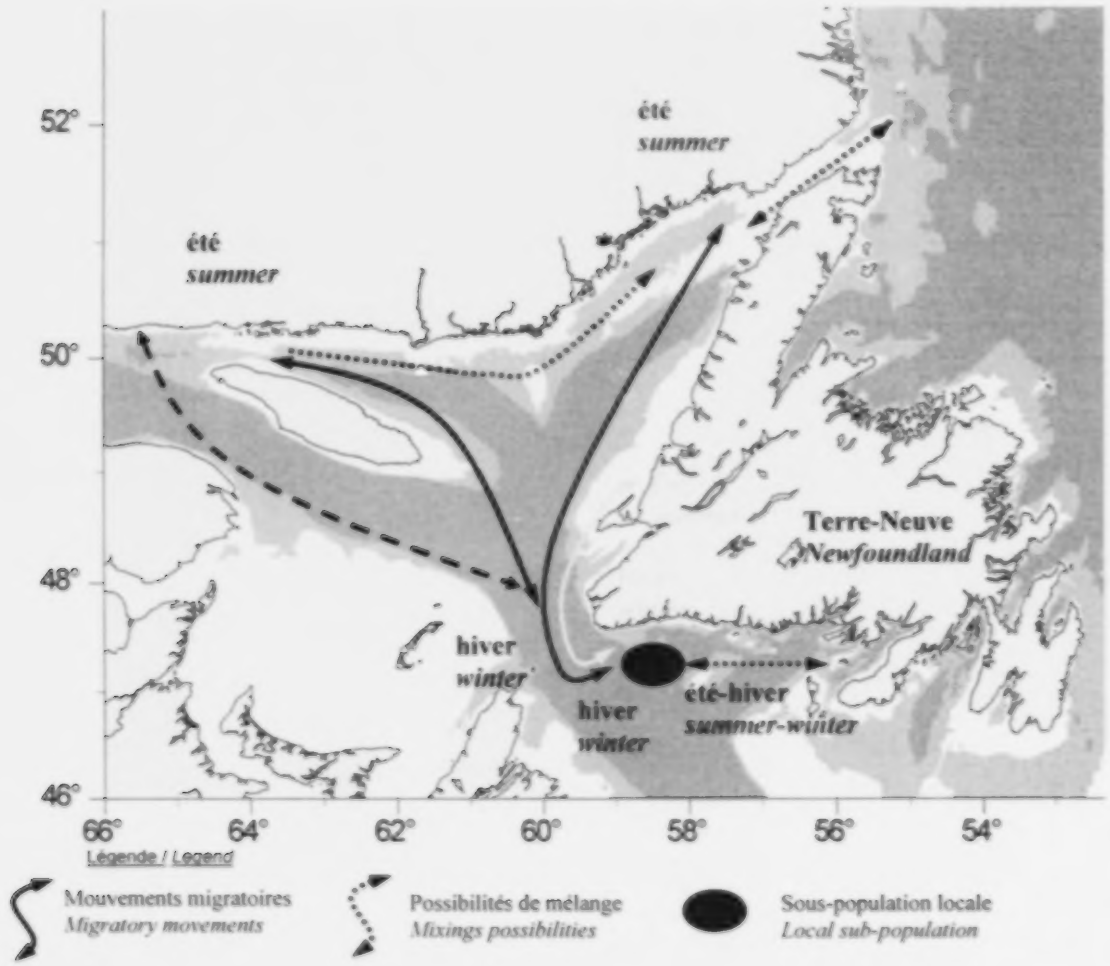


Fig. 69 : Carte bilan des mouvements du stock de morues du nord du Golfe
Fig. 69 : *Result map of the Nothern Gulf cod stock movements*